631.8 (480)

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 142
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD, No. 142

C. B. P. & F. C.
Lib. Ref. FINLAND 3.47
Rec'd. 24 FEB 1955
Ab. by
Ab. article pp.

KARJANLANNAN JA VÄKILANNOITTEIDEN VAIKUTUKSEN VERTAILUA

PITKÄAIKAISEN LANNOITUSKOKEEN TULOKSIA ETELÄ-POHJANMAAN KASVINVILJELYSKOEASEMALLA

MARTTI SALONEN

MAATALOUSKOELAITOS, MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN OSASTO
TIKKURILA

T. HONKAVAARA

ETELÄ-POHJANMAAN KASVINVILJELYSKOEASEMA
YLISTARO

SUMMARY:

RESULTS OF A LONG TERM FIELD EXPERIMENT FOR THE COMPARISON OF FARMYARD MANURE AND DIFFERENT FERTILIZER COMBINATIONS

HELSINKI 1954

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 142
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD, No. 142

KARJANLANNAN JA VÄKILANNOITTEIDEN VAIKUTUKSEN VERTAILUA

PITKÄAIKAISEN LANNOITUSKOKEEN TULOKSIA ETELÄ-POHJANMAAN KASVINVILJELYSKOEASEMALLA

MARTTI SALONEN

MAATALOUSKOELAITOS, MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN OSASTO
TIKKURILA

T. HONKAVAARA

ETELÄ-POHJANMAAN KASVINVILJELYSKOEASEMA
YLISTARO

SUMMARY:

RESULTS OF A LONG TERM FIELD EXPERIMENT FOR THE COMPARISON OF FARMYARD MANURE AND DIFFERENT FERTILIZER COMBINATIONS

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

Sivu

Johdanto 5

1. Kokeen suunnitelma ja suoritus 6
2. Sääsuhteet koekauden aikana 8
3. Eri koejäseniltä saadut satotulokset 9
4. Lannoitusten vaikutus eri kasveihin 14
5. Lannoitusten vaikutus satojen tasaisuuteen 19
6. Satotaso kokeen eri aikoina 21
7. Tutkimuksia koekentän maasta 22

   a. Maan humus- ja typpipitoisuus 22
   b. Maan reaktiosuhteet 23
   c. Vaihtuvien kationien määrät 24
      Emäkset yhteensä 24
      Maan kalkkipitoisuus 28
      Maan kalipitoisuus 29
   d. Maan fosforisuhteet 30
   e. Maan fysikaaliset ominaisuudet 32

Yhteenveto ja päätelmät 33

Kirjallisuusluettelo 36

English summary 37

Johdanto

Karjavaltaisessa maataloudessa on kotieläimistä saatava lanta huomattava lannoitusaine, jolla on suuri merkitys viljelysmaiden kasvukunnon ylläpitämisessä. Verraten laajalle on levinnyt käsitys, jonka mukaan kivennäismaiden kunnon ylläpitäminen tuskin on mahdollista ilman säännöllisesti uusittua karjanlantalannoitusta. Kuuluisissa tanskalaisissa kokeissa, IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1951, ovat sadot kuitenkin käytettäessä väkilannoitteita, joissa on vastaavat määrät ravinteita, pysyneet jatkuvasti parempina kuin karjanlannalla. Niiden mukaan lannalla ei ole mitään sellaista vaikutusta, jota ei saataisi aikaan jopa paremminkin väkilannoitteilla. Niin vakuuttavia kuin nämä tanskalaiset koetulokset ovatkin, voidaan kysyä, ovatko ne ilman muuta sovellettavissa esim. Suomen olosuhteisiin, jotka sekä ilmaston että maaperän puolesta ovat toisenlaiset kuin Tanskan. Asia on ilmeisesti mitä mielenkiintoisin, koska viljelysmaiden kasvukunnon ylläpitäminen, usein myös parantaminen, on kaiken menestyvän maatalouden perusehtoja. Nykyisin kun karjaton talous on tullut yleiseksi puheenaiheeksi meilläkin, on ajankohtaista saada selvitystä siitä, missä määrin maan kasvukunnon ylläpitäminen onnistuu pelkästään väkilannoitteilla.

Muutokset maan kasvukunnossa tapahtuvat hitaasti, ja niiden toteaminen on vaikeaa ja epämääräistä. Varmempaa tietoa voidaan saada vain siten, että maata pitkän aikaa käsitellään ko. tavalla ja seurataan satojen tasoa. Lisävalaisua voidaan saada tutkimalla erilaisten käsittelyjen vaikutusta maan kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Asian selvittämiseksi ovat siten tarpeen pitkäaikaiset lannoituskokeet, joissa verrataan lantaa ja vastaavaa väkilannoitusta. Muutamia tämäntapaisia kokeita on onneksi meilläkin aloitettu niin aikaisin, että tuloksien voi jo olettaa osoittavan ainakin suuntaa. Yksi sellainen on Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelyskoeasemalla Ylistarossa 1931 aloitettu pitkäaikainen karjanlannan ja väkilannoitteiden vertailukoe, jonka tähänastiset tulokset selostetaan seuraavassa.

1. Kokeen suunnitelma ja suoritus

Pitkäaikaisen karjanlannan ja erilaisten väkilannoiteyhdistelmien vertailukokeen Etelä-Pohjanmaan koeasemalla on yhteistoiminnassa maatalouskoelaitoksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston kanssa suunnitellut ja pannut alulle koeaseman johtaja, fil. maisteri O. J. Saarnenheimo 1931. Kokeen hoitajina ovat sen jälkeen toimineet koeaseman johtajat maat.-metsät. kand. A. Silvola 1932—34 ja maat.-metsät. kand. T. Honkavaara alkaen 1934. Käytännöllisten töiden suorituksesta on koko koeajan huolehtinut kenttämestari V. Kankaanpää.

Koesuunnitelma on seuraava:

a	0			
b	karjanlanta			
c	väkilannoitteet:	kalkkisalpietari,	superfosf., 40 %	kalisuola
d	»	ammoniumsulfaatti	»	»
e	»	chilensalpietari	»	»
f	»	kalkkisalpietari,	tomasfosf.	»

Väkilannoiteyhdistelmistä nähdään, että pääasiassa on kysymyksessä erilaisten typpilannoitteiden vertailu, mutta myös fosforilannoituksen kohdalla vertaillaan superfosfaattia ja tomasfosfaattia.

Lannoitteiden käyttömääriä ei ole koesuunnitelmassa tarkemmin määrätty, vaan ne on jätetty harkinnasta ja koekasvien tarpeista riippuviksi. Tärkeimpänä näkökohtana on pidetty, että käytettävä lanta analysoidaan ja väkilannoitteissa annetaan tarkoituksenmukaisesti eri kasveille jakaen vastaavat määrät fosforia ja kalia. Typpeä ei väkilannoitteissa ole pyritty antamaan samoja määriä kuin karjanlannassa on tullut (vert. Iversen ja Dorph-Petersen 1951), mutta eri typpiväkilannoitteissa on aina annettu samat määrät typpeä. Tarkasteltavana olevan koekauden aikana annetut lannoite- ja ravinnemäärät nähdään taulukosta 1.

Taulukko 1. Kokeessa käytetyt lannoitukset kg/ha

Table 1. Farmyard manure and fertilizers given as different treatments, kg./ha.

Vuosi *Year*	Koekasvi *Crop*	b	c			d			e			f		
		Lantaa *Farmyard manure*	Kalkkisalp. *Nitrate of lime*	Superfosf. *Superphosph.*	40-% kalisuol. *Muriate of potash*	Amm. sulf. *Amm. sulph.*	Superfosf. *Superphosph.*	40-% kalisuolaa *Muriate of potash*	Chilensalp. *Chilean nitrate*	Superfosf. *Superphosph.*	40-% kalisuol. *Muriate of potash*	Kalkkisalp. *Nitrate of lime*	Tomasfosf. *Basic slag*	40-% kalisuol. *Muriate of potash*
1931	Ohra — *Barley*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1932	Vihantarehu — *Oats and peas*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1933	Peruna — *Potato*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1934	Ohra — *Barley*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1939	Peruna — *Potato*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1940	Ohra — *Barley*	—	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1943	Sokerijuurikas — *Sugar beets*	50 000	400	500	600	296	500	600	388	500	600	400	700	600
1947	Nurmen kynnön jälk. ruis — *Rye*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1949	Ohra — *Barley*	—	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	—	300
1950	Peruna — *Potato*	25 000	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
1951	Kevätvehnä — *Spring wheat*	—	200	250	300	148	250	300	194	250	300	200	350	300
	Yhteensä 22 v:n aikana, kg — *Total in 22 years, kg*	**225 000**	**2 400**	**3 000**	**3 600**	**1 776**	**3 000**	**3 600**	**2 328**	**3 000**	**3 600**	**2 400**	**3 850**	**3 600**
	Kasvinravinteita yht. — *Total nutrients*													
	N yhteensä — *Total N*	1 196	372	—	—	366	—	—	372	—	—	372	—	—
	siitä salp. N — *nitr. N*	5	348	—	—	—	—	—	372	—	—	348	—	—
	amm. N — *amm. N*	245	24	—	—	366	—	—	—	—	—	24	—	—
	org. N — *org. N*	946	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	P_2O_5 yhteensä — *Total* P_2O_5	564	—	570	—	—	570	—	—	570	—	—	578	—
	K_2O » — *Total* K_2O	1 667	—	—	1 440	—	—	1 440	—	—	1 440	—	—	1 440

Koekenttä on järjestetty lohkojärjestelmän mukaan neljällä kertauksella. Se sijaitsee Kyrönjoen varrella, n. 300 m joesta. Maan kivennäisaineksen raekokoonpano on kentän läheltä tehtyjen lieteanalyysien mukaan seuraava:

hietaa	n. 20	%
hiesua	» 50	»
savea	» 30	»
orgaanista ainetta, liejua, pohjamaassa	» 0.5	»

Maa on siis liejupitoista hiesusavea. Se on alkujaan ollut hapanta sulfaattimaata, mutta n. 6 m syvän joenuoman läheisyydestä aiheutuvan hyvän kuivatuksen vuoksi suolat ovat pintakerroksesta poistuneet, joten happamuus ei sanottavasti haittaa viljelystä. Koemaa on hedelmällisyydestään tunnettuja Etelä-Pohjanmaan jokivarsipeltoja, ja se on kotipeltoihin kuuluvana todennäköisesti kauan saanut runsaasti karjanlantaa. Maan ominaisuudet nähdään yksityiskohtaisemmin taulukoista 11—18. HONKAVAARA (1936) on julkaissut koealueesta maalaji- ym. karttoja. Koekenttä sijaitsee lähellä talouskeskusta maalla, jota mainitussa julkaisussa sanotaan kevyeksi litorinasaveksi.

Koekauden 1931—52 aikana viljellyt *kasvit* nähdään taulukosta 3. Kokeessa ei ole noudatettu vakinaista kasvijärjestystä, vaan kysymyksessä on lähinnä ns. vapaa viljelys. Koekasvit ovat olleet hyvin erilaisia, mikä on kiintoisaa siltä kannalta, että saadaan tietoja eri kasvien suhtautumisesta koelannoituksiin, mutta toisaalta sellaiset vaateliaat tai oikukkaat kasvit kuin sokerijuurikas ja ruis lisäävät epätasaisuutta koetuloksiin, ja satotason mahdollisten muutosten vertailu muodostuu epäselväksi.

Koelannoitteita ei ole väkilannoitteidenkaan kohdalla annettu joka vuosi, sillä kokeen alkupuolella maa oli ennestään siksi hyvässä kunnossa, että kasvu pyrki olemaan jopa liiankin rehevää, jolloin lakoutuminen voi aiheuttaa häiriöitä. Lannoitteiden käyttöajat nähdään taulukosta 1.

2. Sääsuhteet koekauden aikana

Koekauden sääsuhteista esitetään taulukko 2, jossa on erikseen kasvukauden, touko—syyskuun, ja sen alkupuolen, touko—heinäkuun, keskimääräiset lämpötilat ja yhteenlasketut sademäärät. Luvuista nähdään, että aika 1931—39 oli varsinkin sadesuhteitten puolesta edullisempaa kuin myöhempi aika, mikä todennäköisesti on osaltaan vaikuttanut siihen, että sadot koekauden alkupuolella ovat huomattavasti paremmat kuin loppupuolella (taul. 3).

3. Eri koejäseniltä saadut satotulokset

Eri kasveilla saadut satotulokset kg/ha keskiarvon standardipoikkeamineen nähdään taulukosta 3. Tarkastelujen helpottamiseksi on taulukkoon 4 merkitty pääsadot suhdelukuina ottaen 0-jäsenen sadoksi = 100. Taulukon 4 loppuun on laskettu näistä suhdeluvuista keskiarvot, jotka ilmentävät erilaisten lannoitusten vaikutusta keskimäärin. Johtuen sokerijuurikkaan 1943 ja rukiin 1948 erittäin huonosta sadosta 0-jäsenessä muodostuvat suhdeluvut näiltä vuosilta epäasianmukaisiksi, minkä vuoksi ne on jätetty pois keskiarvoista. On huomattava, että jokainen koevuosi, joka on mukana näin lasketuissa keskiarvoissa, vaikuttaa samalla painolla riippumatta siitä, millainen satotaso kulloinkin on ollut. Lisäksi on laskettu erikseen keskiarvot muutamien useampana vuotena viljeltyjen kasvien suhdeluvuista.

Paremmin paikalleen osuvan käsityksen eri lannoitusten vaikutuksesta saa kuitenkin todennäköisesti, jos kaikki sadot tehdään toisiinsa verrattaviksi siten, että ne muunnetaan rehuyksiköiksi, ja lasketaan keskiarvot koko koekaudelle. Tämä on paikallaan nimenomaan milloin on kysymyksessä karja- ja siten myös rehunviljelysvaltainen talous. Vuosittaisiin ry-

Taulukko 2. Keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät v. 1931—52

Table 2. Mean temperatures and precipitations in the years 1931—52

Vuosi *Year*	Keskilämpötila °C *Mean temperature °C.*		Sademäärä mm *Precipitation mm.*	
	toukok.—syysk. *May—September*	toukok.—heinäk. *May—July*	toukok.—syysk. *May—September*	toukok.—heinäk. *May—July*
1931	11.0	12.1	248.5	144.0
1932	11.8	12.1	371.7	215.2
1933	12.6	13.3	166.9	112.1
1934	13.5	13.2	245.6	206.6
1935	11.3	11.7	272.8	139.2
1936	13.5	14.8	257.9	186.6
1937	14.4	14.9	352.1	164.7
1938	13.3	12.8	375.0	258.5
1939	12.5	12.6	279.9	195.7
1940	12.9	14.2	238.0	76.3
1941	12.4	13.3	190.6	23.4
1942	11.6	11.5	303.8	190.7
1943	12.7	13.5	279.6	129.3
1944	12.0	11.9	341.4	181.9
1945	12.6	13.2	233.7	106.4
1946	12.9	13.1	298.4	140.7
1947	14.1	14.8	154.0	104.9
1948	12.8	13.8	326.6	190.4
1949	13.2	13.4	211.3	130.0
1950	12.8	12.9	280.9	178.6
1951	11.9	10.9	236.7	153.0
1952	11.0	11.9	285.6	135.4

Taulukko 3. Satotiedot eri vuosilta kg/ha —

			Ilman lannoitusta *Control*
1931	Ohra Vega — *Barley*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	2 240 ± 55 3 240
1932	Vihantarehu — *Oats and peas for fodder*	ilmak. — *air-dry*	4 250 ± 110
1933	Peruna Vesijärvi — *Potato*	muk. — *tubers*	26 550 ± 438
1934	Ohra Vega — *Barley*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	3 080 ± 32 3 700
1935	1. v. apilanurmi — *1st year ley*	heinää — *hay*	8 310 ± 375
1936	2. v. » — *2nd* » »	»	6 190 ± 206
1937	3. v. » — *3rd* » »	»	6 530 ± 519
1938	Kaura Kultasade II — *Oats*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	4 720 ± 74 4 180
1939	Peruna Ruusulehti — *Potato*	muk. — *tubers*	24 650 ± 620
1940	Ohra Binder — *Barley*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	2 520 ± 144 2 790
1941	Hernekaura 1 : 2 — *Oats and peas*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	1 450 ± 160 2 650
1942	Kaura Tammi — *Oats*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	3 100 ± 33 3 420
1943	Sokerijuurikas — *Sugar beet*	juuria — *roots* naatt. — *leaves*	4 280 ± 2 620 4 260
1944	Kevätvehnä Kimmo — *Spring wheat*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	2 370 ± 76 2 620
1945	1. v. apilatimot. — *1st year ley*	heinää — *hay*	4 490 ± 830
1946	2. v. » — *2nd* » »	»	7 570 ± 705
1947	3. v. » — *3rd* » »	»	4 490 ± 140
1948	Ruis Onni — *Rye*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	680 ± 264 1 310
1949	Ohra Vega — *Barley*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	1 800 ± 120 1 730
1950	Peruna Eigenheimer — *Potato*	muk. — *tubers*	14 170 ± 1 069
1951	Kevätvehnä Kimmo — *Spring wheat*	jyviä — *grain* olkia — *straw*	1 470 ± 69 2 360
1952	1. v. apilatimot. — *1st year ley*	heinää — *hay*	4 110 ± 595

Table 3. Yields in different years, kg./ha.

b Karjanlantaa *Farmyard manure*	c Kalkkisalp., superfosf., kalisuolaa *Nitr. of lime, superph., mur. of potash*	d Amm. sulf., superfosf., kalisuolaa *Amm. sulph., superph., mur. of potash*	e Chilensalp., superfosf., kalisuolaa *Chilean nitr., superphosph., mur. of potash*	f Kalkkisalp., tomasfosf., kalisuolaa *Nitr. of lime, basic slag, mur. of potash*
2 460± 52 3 740	2 340± 85 4 020	2 310± 115 3 960	2 390± 67 4 150	2 400± 31 4 040
5 170± 220	4 880± 82	4 860± 86	4 910± 80	5 030± 110
33 840± 622	34 290±1 216	34 770±1 480	34 210±1 484	33 750±1 768
3 680± 114 5 000	3 660± 86 4 740	3 660± 82 4 940	3 690± 30 5 210	3 760± 40 5 340
9 570± 293	8 250± 410	7 710± 565	8 140± 210	8 810± 485
7 090± 126	6 530± 154	6 310± 169	6 370± 183	6 390± 134
6 980± 299	6 220± 265	6 310± 372	6 310± 390	6 650± 225
4 590± 73 4 650	4 550± 60 4 430	4 590± 97 4 070	4 660± 72 4 270	4 690± 95 4 400
29 420± 470	29 200± 730	28 800± 740	29 030± 590	30 600± 810
2 870± 148 3 360	2 870± 91 3 370	2 630± 180 2 770	2 880± 80 3 340	3 030± 91 3 350
1 480± 245 2 630	1 360± 122 2 330	1 210± 191 2 240	1 430± 257 2 020	1 290± 80 2 410
3 490± 146 3 790	3 060± 147 3 200	2 900± 127 2 920	3 040± 167 3 130	3 400± 169 3 610
15 660±4 230 17 220	11 320±3 430 14 220	7 000±3 560 8 000	13 900±4 410 15 280	18 080±3 460 21 360
3 050± 67 3 110	2 680± 139 2 590	2 760± 81 2 830	2 560± 73 2 560	2 600± 116 2 480
6 380± 622	4 900± 762	3 370±1 092	5 380± 886	6 450± 542
9 000± 354	8 780± 394	6 430±1 128	9 040± 156	9 310± 185
4 990± 216	4 470± 206	4 100± 140	4 720± 178	4 780± 210
2 810± 71 4 280	2 410± 50 3 240	1 880± 40 2 690	2 270± 262 3 510	2 640± 118 2 950
2 910± 96 2 500	3 150± 95 2 670	2 660± 69 2 180	3 230± 99 2 740	3 130± 79 2 660
27 800± 780	23 370± 848	19 640±1 577	24 070± 962	24 540±1 316
1 770± 23 2 780	1 580± 23 2 700	1 460± 166 2 460	1 760± 174 2 830	2 010± 187 2 830
5 760± 500	4 590± 644	2 630± 576	5 100± 616	5 650± 411

Taulukko 4. Eri vuosien pääsadot suhdeluvuin

Table 4. Relative yields under different treatments in different years

			a Ilman lannoitusta *Control*	b Karjanlantaa *Farmyard manure*	c Kalkkisalp., superfosf., kalisuolaa *Nitr. of lime, superph., mur. of potash*	d Amm. sulf., superfosf., kalisuolaa *Amm. sulph., superph., mur. of potash*	e Chilensalp., superfosf., kalisuolaa *Chilean nitr., superphosph., mur. of potash*	f Kalkkisalp., tomasfosf., kalisuolaa *Nitr. of lime, basic slag, mur. of potash*
1931	Ohra Vega — *Barley*	kl [1]	100	110	105	103	107	107
1932	Vihantarehu — *Oats and peas for fodder*	kl	100	122	115	114	115	118
1933	Peruna Vesijärvi — *Potato*	kl	100	127	129	131	129	127
1934	Ohra Vega — *Barley*	kl	100	120	119	119	120	122
1935	1. v. apilanurmi — *1st year ley*		100	115	99	93	98	106
1936	2. v. » — *2nd* » »		100	114	106	102	103	103
1937	3. v. » — *3rd* » »		100	107	95	97	97	102
1938	Kaura Kultasade II — *Oats*		100	97	96	97	99	99
1939	Peruna Ruusulehti — *Potato*	kl	100	120	119	117	118	124
1940	Ohra Binder — *Barley*	vl [2]	100	114	114	104	114	120
1941	Hernekaura 1:2 — *Oats and peas*		100	102	94	83	99	88
1942	Kaura Tammi — *Oats*		100	113	99	94	98	110
1943	Sokerijuurikas — *Sugar beets*	kl 2 [3]	100	366	264	163	324	421
1944	Kevätvehnä Kimmo — *Spring wheat* ..		100	129	113	116	108	110
1945	1. v. apilatimoteinurmi — *1st year ley* ..		100	142	109	75	120	144
1946	2. v. » — *2nd* » » ..		100	119	116	85	119	123
1947	3. v. » — *3rd* » » ..	kl syks. [4]	100	111	100	91	105	106
1948	Ruis Onni — *Rye*		100	413	354	276	334	388
1949	Ohra Vega — *Barley*	vl	100	162	175	148	176	174
1950	Peruna Eigenheimer — *Potato*	kl	100	196	164	139	170	173
1951	Kevätvehnä Kimmo — *Spring wheat* ...	vl	100	120	107	99	120	137
1952	1. v. apilatimoteinurmi — *1st year ley* ..		100	140	112	64	124	138
Keskiarvoja suhdeluvuista — *Mean relative yields:*								
Kaikki, paitsi sokerijuurikas 1943 ja ruis 1948 — *All excluding sugar beet in 1943 and rye in 1948*			100	124	114	104	117	122
7 nurmisatoa — *7 yields of ley*			100	121	105	87	109	117
4 ohrasatoa — *4 yields of barley*			100	127	128	119	130	131
3 perunasatoa — *3 yields of potato*			100	148	137	129	139	141
2 kaurasatoa — *2 yields of oats*			100	105	98	96	99	105
2 kevätvehnäsatoa — *2 yields of spring wheat*			100	125	110	108	114	124

[1]) *all treatments given* — [2]) *only fertilizers* — [3]) *all treatments doubled* — [4]) *in autumn*

satoihin on laskettu myös olkisadot ja sokerijuurikkaan naattisato, joskin olkisatojen mukaanottamisen asianmukaisuus voi olla kyseenalainen varsinkin rukiin ja kevätvehnän suhteen.

Näin saatu aineisto käsiteltiin varianssianalyysin mukaan (Bonnier och Tedin 1940, s. 76—91). Huolimatta suurista vuotuisvaihteluista saatiin varianssianalyysissä satoeroille hyvä merkitsevyys. Koejäsenten parittainen vertailu (Handledning s. 148—149) antoi vastaavan tuloksen. Eri koejäsenille saatiin taulukossa 5 esitetyt 22 koevuoden keskiarvot ry/ha.

Taulukko 5. Keskisadot ry/ha koko koeajalta

Table 5. Average yields of fodder units per ha. for the whole experimental period

Koejäsen *Treatment*	Lannoitus	Keskim. sato *Aver. yield*		Sadonlisäys lannoituksella *Increase in yield due to fertilizing*	
		ry/ha *f. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *f. u./ha.*	sl. *rel.*
a	0	2 793	100	—	—
b	Karjanlanta	3 671	132	878	100
c	Kalkkisalp., superf., 40 % kalisuola	3 401	122	608	69
d	Ammon. sulf., » »	3 075	110	282	32
e	Chilensalp., » »	3 472	124	679	77
f	Kalkkisalp., tomasf., »	3 657	131	864	98
pme (= pienin merkitsevä ero) *L. S. D. (= least significant difference)*	*	266			
	**	354			
	***	460			

Voidaan todeta, että satojen taso on hyvä jopa kokonaan lannoittamattomallakin, mikä osoittaa maan hedelmällisyyttä. Karjanlannan vaikutus on ollut erittäin hyvä, sillä tonnilla lantaa on saatu 85.8 ry sadonlisäystä, mikä on harvinaisen korkea (vrt. esim. Virri 1953, s. 40).

Kaikki erilaiset väkilannoiteyhdistelmät ovat antaneet vähemmän sadonlisäystä kuin karjanlanta, mikä ei ole ihmeteltävääkään, sillä lannan mukana on typpeä annettu yli 3 kertaa enemmän kuin väkilannoiteyhdistelmissä (taul. 1). Tässä suhteessa koe poikkeaa tanskalaisista lannan ja väkilannoitteiden vertailukokeista (Iversen ja Dorph-Petersen 1951), joissa typpimäärä on ollut kaikkialla sama ja väkilannoitteet ovat osoittautuneet selvästi karjanlantaa paremmiksi. Samoissa tanskalaisissa tutkimuksissa (Iversen 1943, s. 71) on osoitettu myös tämän huonomman vaikutuksen johtuvan karjanlannan typen huonommasta käyttökelpoisuudesta, joka on vain n. 40 % väkilannoitetypestä. Tarkasteltavana olevassa kokeessa on lannan mukana tullut typpimäärä ollut hieman suurempi (3-kertainen pro 2.5-kertainen) kuin sen olisi pitänyt olla, jotta lannoitus-

ten vaikutukset olisivat voineet tulla yhtä suuriksi, mikäli mainittu tanskalainen arviointi on sovellettavissa tähän tapaukseen. Voidaan todeta, ettei tämän kokeen tulosten tarvitse olla ristiriidassa tanskalaisten tulosten kanssa.

Eri väkilannoiteyhdistelmistä on parhaan tuloksen antanut yhdistelmä f, johon sisältyy tomasfosfaatti. Sadonlisäys on keskimäärin vain hieman pienempi kuin karjanlannalla saatu. Tomasfosfaatin hyvä vaikutus riippuu selvästi sen kalkkipitoisuudesta, sillä kuten myöhemmin tulee selvitettäväksi, koemaa on vähäkalkkista. Chilensalpietaria ja kalkkisalpietaria on meillä totuttu pitämään suunnilleen samanarvoisina muiden kuin ehkä ei sokerijuurikkaan kohdalla. Tässä kokeessa tulee chilensalpietari paremmaksi, mutta tämän vertailun mukaan ero ei ole merkitsevä. Kaikkein huonoimmaksi tulee väkilannoiteyhdistelmä d, jossa typpi on ammoniumsulfaattina, ja ero on merkitsevä kaikkiin muihin lannoituksiin verrattuna. Tämä epäedullinen vaikutus on selvästi maan vähäisestä kalkkipitoisuudesta johtuva, kuten tomasfosfaatin edullinen vaikutuskin.

4. Lannoitusten vaikutus eri kasveihin

Eri kasvit suhtautuvat eri tavoin lannoitukseen. Asian varmempi selvittely vaikeutuu tässä kokeessa kuitenkin paljon suurien vuotuisvaihtelujen vuoksi. Lisäksi on vielä huomattava, että koelannoituksia ei ole annettu joka vuosi eikä edes tasaisin väliajoin. Vuodet, jolloin lannoitusta on annettu, nähdään taulukosta 1, mutta myös suhteellisia satoja osoittavassa taul. 4 on merkinnällä kl ilmoitettu kasvit, joille on annettu kaikki lannoitukset ja merkinnällä vl kasvit, joille on annettu vain väkilannoitteet. Muutamien, useampana vuotena kokeessa olleiden kasvien kohdalla on pyritty selvittämään eri lannoitusten vaikutusta siten, että on suoritettu varianssianalyysi samalla tavalla kuin koko koekauden ajalta kaikista viljellyistä kasveista (s. 13).

Koekauden aikana on viljelty nurmea 7 vuotena, ohraa 4 vuotena ja perunaa 3 vuotena. Näistä saadut vuotuiset keskiarvot nähdään taulukossa 6.

N u r m i s t a saadut sadot jäävät selvästi alemmiksi kuin kaikkien kasvien keskiarvot. Samaten erilaisilla lannoituksilla saadut sadonlisäykset jäävät paljon pienemmiksi kuin muilla kasveilla, ei vain ry:issä vaan myös prosenttisestikin. Tämä tulos johtuu ainakin osaksi siitä, että lannoitukset on annettu joko nurmen suojaviljalle, v. 1934 ja 1951 (taul. 1 ja 4), tai suojaviljan esikasville, v. 1943. Nurmea edeltävät sadot ovat kuluttaneet kasvinravinteita, ja suojavilja on varjostanut nurmen orasta eniten niillä koejäsenillä, joilla lannoituksen vaikutus on ollut paras, ja tämä on vähentänyt lannoitusten vaikutusta nurmella. Koelannoituksista on karjan-

Taulukko 6. Nurmen, ohran ja perunan suhtautuminen koelannoituksiin

Table 6. The reaction of ley, barley and potato to the different treatments

Koejäsen *Treatment*	Lannoitus	Nurmi — *Ley* v. 1935—37, 1945—47 ja 1952				Ohra — *Barley* v. 1931, 1934, 1940 ja 1949				Peruna — *Potato* V. 1933, 1939 ja 1950			
		Sadot keskim. *Aver. yields*		Sadonlis. keskim. *Aver. incr. in yields*		Sadot keskim. *Aver. yields*		Sadonlis. keskim. *Aver. incr. in yields*		Sadot keskim. *Aver. yields*		Sadonlis. keskim. *Aver. incr. in yields*	
		ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*	ry/ha *t. u./ha.*	sl *rel.*
a	0	2 389	100	—	—	3 185	100	—	—	4 353	100	—	—
b	Karjanlanta	2 776	116	387	100	3 968	125	783	100	6 070	139	1 717	100
c	Kalkkisalp., superf., kalisuola	2 500	105	111	29	4 028	126	843	108	5 783	132	1 430	83
d	Ammon. sulf., » »	2 107	88	— 282	— 73	3 753	118	568	73	5 540	127	1 187	69
e	Chilensalp., » »	2 576	108	187	48	4 090	128	905	116	5 817	133	1 464	85
f	Kalkkisalp., tomasf., »	2 747	115	358	93	4 118	129	933	119	5 923	136	1 570	92
pme (= pienin merkitsevä ero) *L. S. D. (= least significant difference)*	*	182				362				689			
	**	245				500				980			
	***	324				691				(1 418)			
Sato keskim. kaikilla koejäsenillä — *Average yield for all treatments*		2 516				3 854				5 581			
sl — *rel.*		100				153				222			

lanta antanut nurmella parhaat tulokset, mutta fosforin tomasfosfaatissa sisältänyt väkilannoitus on tullut sitä niin lähelle, ettei erotus ole tilastollisesti merkitsevä. Väkilannoitukset, joissa fosfori on superfosfaattina ja typpi joko kalkki- tai chilensalpietarina, jäävät paljon jälkeen karjanlannasta ja tomasfosfaattia sisältäneestä väkilannoituksesta, ja erotukset ovat useimmissa tapauksissa merkitseviä. Chilensalpietari esiintyy parempana kuin kalkkisalpietari, mutta erotus ei ole merkitsevä. Huonoimmaksi jää väkilannoiteyhdistelmä d, jossa typpi on ammoniumsulfaattina, sillä se on aiheuttanut suoranaista sadon vähennystä, joka on tilastollisesti merkitsevä.

Nurmen sadon määrä ja varsinkin laatu riippuu paljon sen kasvilajikokoonpanosta. Kokeen ensimmäinen nurmi vuosina 1935—37 oli pelkkä apilanurmi. Myöhemmin sen sijaan on käytetty tavanomaista apila-timoteinurmea. Satojen botaanisesta kokoomuksesta käytettävissä olevat tiedot nähdään taulukossa 7.

Taulukko 7. Botaanisia analyysejä nurmien sadoista %
Table 7. Botanical analyses of the yields of leys %

Koejäsen *Treatment*	1. nurmi 1945 *1st year ley 1945*						1. nurmi 1952 *1st year ley 1952*		
	1. niitto *1st harvest*			2. niitto *2nd harvest*					
	apilaa *clover*	timot. *timothy*	rikkar. *weeds*	apilaa *clover*	timot. *timothy*	rikkar. *weeds*	apilaa *clover*	timot. *timothy*	muuta heinää *other grasses*
a 0	71	28	1	67	30	3	42	57	1
b Karjanlanta	81	18	1	94	5	1	60	39	1
c Kalkkis.,superfosf.,kalis.	87	12	1	94	5	1	63	36	1
d Ammon. sulf., » »	84	15	1	55	39	6	9	89	2
e Chilensalp. » »	84	15	1	94	5	1	75	24	1
f Kalkkis., tomasf. »	92	8	0	94	5	1	75	24	1

Vuoden 1945 nurmen ensimmäisessä niitossa eivät eri lannoitusten aiheuttamat erot apilapitoisuudessa vielä ole tuntuvia, mutta toisessa niitossa tulee ammoniumsulfaatin apilaa vähentävä vaikutus jo selvästi esille ja vuonna 1952 se tulee esille hyvin räikeänä. Ammoniumsulfaatti on lisännyt maan happamuutta niin paljon, ettei apila enää menesty. Sen sijaan muilla väkilannoituksilla apilapitoisuus on sama tai jopa suurempi kuin karjanlannalla. Voitaneen päätellä, että vaikka väkilannoitelannoituksella onkin huonompi vaikutus apilaan kuin karjanlannalla, ei sen heikommuuden nurmen lannoituksessa tarvitse johtua yksinomaan suhteesta apilaan, vaan ilmeisesti myös timoteille voivat väkilannoitteet olla vähemmän edullisia kuin karjanlanta.

O h r a n suhteen on todettava, että ry-sadot ovat keskimäärin 50 % korkeammat kuin nurmilla, ja lannoituksilla saadut sadonlisäykset ovat keskim. 5 kertaa suuremmat. Ohra näyttää siten olevan paljon kiitollisempi lannoituksen suhteen kuin nurmi. Erilaisten lannoitusten paremmuusjärjestys on huomattavasti erilainen kuin nurmella. Ohrallakin ammoniumsulfaatti muodostuu heikoimmaksi, mutta on kuitenkin sekin antanut kauniisti sadonlisäystä. Muut väkilannoiteyhdistelmät tulevat paremmiksi kuin karjanlanta, joskaan erotuksille ei tule tilastollista merkitsevyyttä johtuen pääasiassa siitä, että aineistoon kuuluu vain 4 satoa. Parhaaksi tulee väkilannoiteyhdistelmä f, jossa on tomasfosfaatti, mutta lähelle pääsee yhdistelmä e, chilensalpietari. Karjanlannan ohralla antamaan suhteellisen huonoon tulokseen on varmastikin vaikuttanut se, että vuosina 1940 ja 1949 ei annettu karjanlantaa, mutta kylläkin eri väkilannoiteyhdistelmät (taul. 1 ja 4).

P e r u n a n antamat sadot ovat ry:issä yli kaksinkertaiset verrattuna nurmien satoihin ja n. 1.5-kertaiset verrattuna ohran satoihin. Myös lannoituksella saadut sadonlisäykset ovat perunalla paljon suuremmat kuin nurmella ja ohralla sekä ry:issä että %:issa. Suhteessaan erilaisiin lannoituksiin peruna asettuu monessa suhteessa nurmen ja ohran välille, joskin on todettava, että eri lannoituksilla saadut erotukset eivät muodostu tilastollisesti merkitseviksi johtuen vähäisestä aineistosta, vain 3 vuotta. Karjanlanta on perunalle ollut edullisinta (peruna onkin tunnetusti hyvä karjanlannan käyttäjä), mutta väkilannoitteetkaan eivät jää siitä jälkeen läheskään niin paljon kuin nurmilla.

Perunan sadoista on tehty tärkkelysmääritykset, joiden tulokset nähdään taulukosta 8.

Taulukko 8. Perunan tärkkelysprosentit ja -sadot

Table 8. Starch percentages and yields of starch in potato

Koejäsen *Treatment*	Lannoitus	1933 Vesijärvi		1939 Ruusulehti		1950 Eigenheimer	
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
a	0	16.0	4 248	16.7	4 117	20.1	2 848
b	Karjanlanta	12.8	4 332	14.5	4 266	18.5	5 143
c	Kalkkisalp., superfosf., kalisuola	12.3	4 218	14.4	4 205	16.5	3 856
d	Ammon. sulf., » »	11.8	4 103	14.8	4 262	16.0	3 142
e	Chilensalp., » »	11.7	4 003	14.2	4 122	16.1	3 875
f	Kalkkisalp., tomasf., »	12.2	4 118	14.9	4 559	16.1	3 951

Voidaan todeta, että kaikki lannoitus on alentanut tärkkelysprosenttia, ja lannoituksista karjanlanta vähiten. V. 1933, maan ollessa vielä 0-jäsenelläkin hyvässä kunnossa, on lannoitus, karjanlantaa lukuunottamatta,

vähentänyt tärkkelyssatoakin, kun tärkkelysprosentin aleneminen vaikuttaa enemmän kuin mukulasadon lisääntyminen. Vuosina 1939 ja 1950 tärkkelysprosentti ei ole alentunut lannoituksen vuoksi yhtä paljon, ja mukulasadon paraneminen on niin paljon suurempi, että tärkkelyssato lannoituksen vaikutuksesta nousee kaikissa tapauksissa. V. 1950 on tärkkelyssadon lisääntyminen hyvin suuri varsinkin karjanlantajäsenessä b.

K a u r a a on kokeessa viljelty v:ina 1938 ja 1942. V. 1941 viljelty hernekaurakin on ollut melkein pelkkää kauraa johtuen herneen huonosta menestymisestä. Sota-ajan vaikeuksissa ei kuitenkaan herneprosentteja ole voitu selvittää. V. 1938 ei erilaisilla lannoituksilla näytä olleen mitään vaikutusta kauran jyväsatoihin, jotka ovat kauttaaltaan hyvät. Olkisatoihin on lannoituksella sen sijaan ollut vaikutusta. Johtuen maan hyvästä kasvukunnosta ja edullisesta kasvukaudesta lannoitus on aiheuttanut lakoutumista, mistä syystä taas vaikutusta jyväsatoihin ei ole tai se on ollut negatiivinen. V. 1942 kauran kasvu on ollut huomattavasti huonompaa, ja lannoituksen vaikutus tulee selvimmin näkyviin karjanlantajäsenessä ja lannoiteyhdistelmässä f (tomasfosfaatti). Lisäksi näyttää, että ammoniumsulfaatti (koejäsen d) on ollut kaurallekin epäedullista.

V. 1941 viljelty hernekaura, siemenseos 1 : 2, on kuivuuden vuoksi kasvanut huonosti, ja lannoitusten vaikutuskin jää epäselväksi. Ammoniumsulfaatin epäedullinen vaikutus tulee taas näkyviin. Omituista kyllä, tomasfosfaattijäsenestäkin on saatu huono tulos.

Kaurasta on saatu tässä kokeessa epäselvät tulokset, mikä osittain johtunee sen vaatimattomuudesta, osittain myös siitä, että koelannoituksia ei ole annettu sitä varten, vaan se on saanut käyttää vain jälkivaikutusta.

K e v ä t v e h n ä ä on viljelty kahtena vuotena. V. 1943 on satotaso ollut hyvä ja kaikilla lannoituksilla on ollut hyvä vaikutus, mikä on kokonaisuudessaan sokerijuurikkaalle edellisenä vuotena annetun runsaan lannoituksen jälkivaikutusta. V. 1951 satotaso on ollut huonompi, ja nyt tulee ammoniumsulfaatin epäedullisuus näkyviin.

V i h a n t a r e h u a on viljelty vain yhtenä vuotena, 1932. Kun koe on ollut silloin vielä aivan alkuvaiheessa, on kaikilla lannoituksilla saatu verraten tasaiset vaikutukset.

S o k e r i j u u r i k a s t a on viljelty vain yhtenä vuotena, v. 1943. Kun sitä voidaan pitää olosuhteisiin nähden liian vaateliaana kasvina, on sen antamilla tuloksilla oma mielenkiintonsa. Taulukoista 3 ja 4 voidaan ensiksikin nähdä, että sekä 0- että ammoniumsulfaattijäsenellä sadot jäävät kovin huonoiksi. Voidaan myös todeta, että keskiarvojen standardipoikkeamat kauttaaltaan ja erityisesti mainituilla koejäsenillä ovat hyvin suuret.

Satojen sokeripitoisuudet on selvitetty, jolloin saatiin taulukossa 9 esitetyt luvut.

Taulukko 9. Sokeriprosentit ja sokerisadot
Table 9. Sugar percentages and yields of sugar in sugar beet

Koejäsen *Treatment*	Lannoitus	Sokeria *Sugar*	
		%	sato — *yield* kg/ha — *kg./ha.*
a	0	14.9	638
b	Karjanlanta	16.5	2 584
c	Kalkkisalp., superf., kalisuola	15.4	1 743
d	Ammon. sulf., » »	15.4	1 078
e	Chilensalp., » »	15.8	2 196
f	Kalkkisalp., tomasf., »	15.7	2 854

Kaikki lannoitus on nostanut sokeriprosenttia päinvastoin kuin oli perunassa tärkkelyspitoisuuden laita. Karjanlannalla saadaan korkein prosentti ja eri väkilannoiteyhdistelmillä keskenään hyvin samantapaiset. Kun juurikassato tomasfosfaattijäsenessä on suurempi kuin karjanlantajäsenessä, tulee myös sokerisato edellä mainitussa suuremmaksi.

5. Lannoitusten vaikutus satojen tasaisuuteen

Sääsuhteiden erilaisuus eri vuosina aiheuttaa vaihtelua satomäärissä. Tällainen vaihtelu on tietenkin ikävää ja haitallista, minkä vuoksi kaikki, mikä parantaa satojen tasaisuutta, on tervetullutta. Kokeen antamissa sadoissa on hyvin paljon vaihtelua vuodesta toiseen. Jos lasketaan koejäsenten keskisadoille ry/ha standardipoikkeamat, s, saadaan seuraavat luvut:

Koejäsen *Treatment*	Keskim. sato *Aver. yield* ry/ha *f. u./ha.*		Standardipoikkeama *Standard deviation* ry/ha *f. u./ha.*	%
a	2 793	±	1 210	43
b	3 671	±	1 376	38
c	3 401	±	1 390	41
d	3 075	±	1 485	48
e	3 472	±	1 385	40
f	3 657	±	1 440	39

Standardipoikkeamat ovat hyvin suuret, 38—48 %. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että varsinaisen vuotuisvaihtelun lisäksi niihin sisältyy myös eri kasvilajien luonteesta riippuva vaihtelu. Kuitenkin voidaan panna merkille, että karjanlantaa saaneella koejäsenellä prosenttinen standardipoikkeama on pienin, tomasfosfaattijäsenellä hyvin lähellä sitä ja ammoniumsulfaattijäsenellä kaikkein suurin, siis suurempi kuin 0-jäsenellä.

Oikeamman käsityksen lannoitusten vaikutuksesta satojen tasaisuuteen saa ilmeisesti vertailemalla saman kasvilajin satoja eri vuosina. Tällaisia

useampana vuotena viljeltyjä kasveja ovat kokeessa nurmi, ohra ja peruna. Niistä saadaan taulukossa 10 esitetyt luvut.

Taulukko 10. Lannoitus ja ry-satojen vaihtelu eri aikoina
Table 10. Fertilizing and variation of yields of f. u. in different years

Koejäsen *Treatment*	Nurmi — *Ley* v. 1935—37, 1945—47 ja 1952			Ohra — *Barley* v. 1931, 1934, 1940 ja 1949			Peruna — *Potato* v. 1933, 1939 ja 1950		
	Sato ry/ha *Yield f. u./ha.*	Standardipoikk. *Standard deviation* ry/ha *f. u./ha.*	%	Sato ry/ha *Yield f. u./ha.*	Standardipoikk. *Standard deviation* ry/ha *f. u./ha.*	%	Sato ry/ha *Yield f. u./ha.*	Standardipoikk. *Standard deviation* ry/ha *f. u./ha.*	%
a	2 389	652	27	3 185	732	23	4 353	1 330	31
b	2 776	696	25	3 968	720	18	6 070	627	10
c	2 500	696	28	4 028	448	11	5 783	1 100	19
d	2 107	756	36	3 753	834	22	5 540	1 520	27
e	2 576	646	25	4 090	700	17	5 817	1 015	18
f	2 747	656	24	4 118	750	18	5 923	940	16

Standardipoikkeamat ovat suuret näissäkin, varsinkin nurmen kohdalla, mikä johtuu siitä, että eri vuosina on saatu hyvin erilaisia satoja. Prosentteina laskettu standardipoikkeama on nurmien kohdalla pienin tomasfosfaattia sisältäneellä väkilannoitusjäsenellä ja hivenen suurempi muilla lannoitetuilla ja lannoittamattomalla, paitsi ammoniumsulfaattia saaneella, jolla se on selvästi suurin. Ammoniumsulfaatti osoittautuu siten hyvin epäedulliseksi nurmien lannoitteeksi; sillä saadaan huonot sadot, jotka voivat vielä suuresti vaihdella vuodesta toiseen.

Ohra näyttää antavan paljon tasaisempia satoja eri vuosina. Omituista kyllä, ammoniumsulfaattikaan ei näytä aiheuttavan kovin suurta vaihtelua. Asia voinee ainakin osaksi johtua siitä, että on viljelty vaatimatonta Vega-ohraa, paitsi v. 1940 Binder-ohraa, joka sekin 2-tahoiseksi ohraksi on verraten vaatimaton. Lannoittamattomalla koejäsenellä ovat vuotuisvaihtelut kaikkein suurimmat, mutta ammoniumsulfaattilannoitus on sitä hyvin lähellä. Erityisen tasaisia tuloksia näyttää ohrasta antavan koejäsen c (kalkkisalp., superfosf., kalisuola).

Perunan lannoituksessa karjanlanta on selvästi paras: se antaa parhaat keskimääräiset sadot ja vuotuiset vaihtelut ovat pienimmät. Suurimmat vaihtelut ovat lannoittamattomassa, mutta myös ammoniumsulfaattilannoitus tulee sitä lähelle, vaikka ammoniumsulfaatti onkin tunnettu perunalle hyvin sopivana lannoitteena.

Näiden vertailujen mukaan lannoitustavalla on vaikutusta satomäärien vuotuisvaihteluihin, vaikkei hyväkään lannoitus voi varsin paljon tasoittaa vaihtelua. Karjanlanta on keskimäärin antanut tasaisimmat sadot, ja sellainen väkilannoitus, joka antaa muutenkin hyviä tuloksia, vaikuttaa myös satotasoa tasoittavasti.

6. Satotaso kokeen eri aikoina

Tällaisessa kokeessa, jossa on tarkoituksena mm. maan kasvukunnon muutosten seuraaminen, on erittäin tärkeätä seurata satotasossa ajanpitkään mahdollisesti ilmeneviä muutoksia. Niitä voitaisiin tutkia esim. taulukkojen 3 ja 4 lukujen pohjalla.

Vertailuissa pitäisi voida poistaa luonnollinen vuotuisvaihtelu, mikä voisi käydä siten, että vertaillaan useiden vuosien, jaksojen, keskiarvoja (esim. IVERSEN ja DORPH-PETERSEN 1951). Jotta myös eri kasvien ominaissatoisuuden aiheuttama vaihtelu tasoittuisi, pitäisi jaksoihin kuulua aina samanlaatuisia kasveja, ts. olisi tarpeen säännöllinen kasvivuorottelu, jota tässä kokeessa ei ole noudatettu.

Ainoa mahdollisuus tällaiseen, jossain määrin asianmukaiseen vertailuun on n u r m i k a u s i e n 1935—37 ja 1945—47 vertailu mutta siinäkin on se vaikeus, että vuosien 1935—37 nurmi oli pelkkä apilanurmi ja vuosien 1945—47 tavanmukainen apilatimoteinurmi. Jos merkitään 3-vuotiset nurmien keskisadot kultakin koejäseneltä vuosien 1935—37 nurmikaudelta 100:lla, saadaan nurmikauden 1945—47 suhdeluvuiksi seuraavat:

Koejäsen *Treatment*	Käsittely	Keskim. sato % v:ina 1945—47 v:ien 1935—37 nurmikaudelta *Average yield in years 1945—47 as percentage of average yield in years 1935—37*
a	0	79
b	karjanlanta	86
c	kalkkisalp., superfosf., kalisuola	87
d	ammon.sulf., » »	68
e	chilensalp., » »	92
f	kalkkisalp., tomasfosf., »	94
	Keskim. — *Average*	84

Suhdeluvut viittaavat satotason alenemiseen kauttaaltaan, mutta kaikkein eniten ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä. Suuri on satotason aleneminen myös lannoittamattomassa a-koejäsenessä, mikä onkin aivan luonnollista. Parhaiten on satotaso säilynyt tomasfosfaattia saaneessa f-koejäsenessä.

Kaikkien muiden kasvien kohdalla täytyy tyytyä vertailemaan yksittäisten vuosien tuloksia, mikä on erittäin epävarmaa sen vuoksi, että vuotuisvaihtelua ei voi mitenkään lieventää.

Jos vertaillaan o h r a n eri aikoina antamia satoja, ei satotason alenemista voida todeta muuta kuin lannoittamattomassa koejäsenessä, ja jotakin siihen viittaavaa ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä.

P e r u n a n kohdalla näyttäisi satotason aleneminen olevan hyvin suurta lannoittamattomassa a- ja ammoniumsulfaattia saaneessa d-koe-

jäsenessä, ja muuallakin se näyttäisi olevan todettavissa; vähäisimpänä kuitenkin karjanlantaa saaneessa b-koejäsenessä.

K a u r a n k i n suhteen näyttäisi satotason aleneminen todennäköiseltä. Suurin se näyttäisi olevan ammoniumsulfaattia saaneella d-koejäsenellä ja jokseenkin sama a-, c- ja e-koejäsenillä.

Satotason arviointi kokeen eri vaiheissa jää siten valitettavan epävarmaksi, mutta kaikki viittaa siihen, että maan kasvukunto on laskenut tarkasteltavana olevana aikana, ei vain 0-koejäsenellä, jossa sen syyt ovat selvät, vaan ainakin useimmilla lannoitetuillakin koejäsenillä. Näyttää jokseenkin varmalta, että ammoniumsulfaatilla lannoitetulla d-koejäsenellä on tapahtunut huomattava maan kasvukunnon aleneminen ja mahdollisesti myös kalkkisalpietarilla lannoitetulla c- ja chilensalpietarilla lannoitetulla e-koejäsenellä. Sen sijaan on epävarmaa, onko riittävää perustetta väittää samaa karjanlannalla lannoitetusta b- ja tomasfosfaatilla lannoitetusta f-koejäsenestä.

7. Tutkimuksia koekentän maasta

Tarkasteltavana olevassa kokeessa on päätarkoituksena saada tietoja erilaisen lannoituksen vaikutuksista maan kasvukuntoon. Muutokset maan kasvukunnossa tulevat näkyviin satotuloksissa, mutta niistä ei voi nähdä mistä maassa tapahtuneista muutoksista tulokset johtuvat. Sen vuoksi ovat tutkimukset koekentän maasta kiintoisat, mikäli ne voivat antaa valaisua näihin syihin.

Koekentästä on otettu maanäytteitä ruuduittain 1934, 1950 ja 1953, joista saatuja analyysituloksia seuraavassa tarkastellaan. Lisäksi on välivuosina tehty pH-mittauksia, samaten jokaisesta ruudusta erikseen.

Maa-analyysit on maatalouskoelaitoksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla tehnyt dipl. ins. E. Barkoff lukuunottamatta humus- ja typpimäärityksiä, jotka on tehnyt nti Aune Hintikka. Pääosa pH-määrityksistä on tehty Etelä-Pohjanmaan koeasemalla. Kaikki ammoniumasetaattimenetelmällä saadut luvut on saatu maatalouskoelaitoksen maatutkimusosastolta.

a. *Maan humus- ja typpipitoisuus*

V:n 1934 ja 1950 näytteistä on määritetty humuspitoisuus dikromaattipoltolla (Walkley 1947) ja tehty kokonaistypen määritykset tavanomaisella Kjeldahlpoltolla (vain v:n 1950 näytteistä). Saadut tulokset nähdään taulukossa 11, johon myös on laskettu hiilen ja typen suhde.

Sekä humus- että typpipitoisuuksissa erojen merkitsevyydet jäävät hyvin alhaisiksi johtuen melkoisen suurista vaihteluista kerrannaisten kesken. Kiintoisaa on verrata v:n 1934 ja 1950 näytteistä saatuja humus-

pitoisuuksia. Vähenemistä on tämän 16 vuoden aikana tapahtunut kaikilla muilla koejäsenillä paitsi karjanlantaa saaneella. Keskimäärin on humuspitoisuus vähentynyt 4 %, mutta erotus ei ole merkitsevä. Mikäli muutokset eri koejäsenillä ovat vakavasti otettavia, voidaan panna merkille, että väkilannoitejäsenillä on humuksen väheneminen ollut suurempaa kuin kokonaan lannoittamattomalla ja suurinta koejäsenellä, joka on saanut tomasfosfaattia. Karjanlantakaan ei ole lisännyt humuspitoisuutta, vaan ainoastaan pitänyt sen ennallaan. Aikana 1934—50 on lantaa annettu kaikkiaan 125 tn/ha, jossa on n. 30 tn orgaanista ainetta, siis vajaat 2 tn/ha vuotta kohti. Lannan käyttö on ollut runsaampaa kuin meikäläisessä maataloudessa keskimäärin on mahdollista, mutta sittenkään sen ei voi todeta lisänneen maan orgaanista ainetta.

Typpimääritykset on tehty ja C : N-suhteet laskettu vain vuodelta 1950. Näyttäisi siltä, että lanta hieman lisää ja väkilannoitteiden käyttö vähentää maan typpeä. C : N-suhde on ahtain lannoittamattomalla koejäsenellä. — Erilaisen lannoituksen vaikutukset maan humus- ja typpimääriin ovat olleet tässä kokeessa verrattain pienet (vrt. esim. Iversen ja Dorph-Petersen 1951), mutta myös aika, 16 vuotta, on vielä kovin lyhyt tällaisten muutosten ilmenemiseen.

Taulukko 11. Maan humus- ja typpipitoisuudet eri aikoina

Table 11. Humus and nitrogen content of soil in different years

Koejäsen *Treatment*	Käsittely	Humusta % kuiva-ain. *Humus % of dry matter*		Erotus %-yksikköä *Difference*	Muutos % v. 1934 arvosta *Difference as % of value 1934*	Kokonaistyppi ‰ ka 1950 *Total nitrogen* ‰	C : N 1950 *C/N ratio 1950*
		1934	1950				
a	0	5.74	5.59	— 0.15	— 2.6	2.83	11.9
b	Karjanlanta	6.38	6.42	+ 0.04	+ 0.6	3.03	12.7
c	Kalkkisalp., superfosf., kalisuol.	6.50	6.19	— 0.31	— 4.8	2.73	13.6
d	Ammon. sulf., » »	6.32	6.01	— 0.31	— 4.9	2.65	13.6
e	Chilensalp., » »	6.22	5.98	— 0.24	— 3.9	2.75	13.5
f	Kalkkisalp., tomasf., »	6.36	5.90	— 0.46	— 7.2	2.80	12.8
	Keskim. kaikilla koejäsenillä *Average of all treatments*	6.26	6.01	— 0.25	— 4.0	2.80	12.9
	pme L.S. D. *	(0.82)	(0.76)			(0.36)	

b. *Maan reaktiosuhteet*

Koekenttä sijaitsee alueella, jossa happamuus ja kalkin niukkuus usein esiintyvät satoa rajoittavina tekijöinä (Honkavaara 1936). Sen vuoksi on tässä kokeessa eri käsittelyjen vaikutus maan happamuuteen ja vaihtuvien emästen määriin erityisen kiintoisa.

Maan happamuutta on seurattu kokeen aikana tekemällä pH-mittauksia koeruuduittain muutaman vuoden väliajoin. Tulokset nähdään koejäsenien keskiarvoina taulukossa 12, ja piirroksessa 1 ne nähdään havainnollisina käyrinä. Voidaan panna merkille, että kaikilla pH-käyrillä on laskeva suunta, keskimäärin ovat pH-luvut alentuneet vuodesta 1932 vuoteen 1950 0.5 pH-astetta, mutta kun otetaan huomioon pH-mittauksen häilähtelevyys (Tuorila 1945, s. 86), ei muutos todellisuudessa ilmeisesti ole näin suuri. Ammoniumsulfaatin happamuutta lisäävä vaikutus on selvä alusta alkaen, ja vaikutus lisääntyy vuosien kuluessa. Tomasfosfaatilla näyttää olevan melkoinen maan happamuutta vähentävä vaikutus. Lannan ja muiden väkilannoitteiden vaikutus näyttäisi olevan keskenään samantapainen, eivätkä muutokset niitä saaneilla koejäsenillä poikkea olennaisesti lannoittamattomalla todetuista.

c. Vaihtuvien kationien määrät

Emäkset yhteensä.

Maan viljelyskunnossa, esim. happamuussuhteissa, on vaihtuvien emäskationien määrillä suuri osuus. Koekentän maasta tehtiin vuosien 1934 ja 1950 näytteistä vaihtuvien kationien määritykset uuttamalla maata suhteessa 1 : 25 0.01-n. typpihapolla. Menettely on sama, jota on käytetty maan helppoliukoisen fosforin määrittämiseen (Tuorila ja Teräsvuori 1933). Uutteesta määritettiin kalsium ja magnesium ns. versenaattititrauksella (Cheng and Bray 1951). Kalium ja natrium määritettiin liekkifotometrillä. Tulokset laskettuina kg-ekv./ha nähdään taulukossa 13, jossa esitetään rinnan tulokset v:n 1934 ja 1950 näytteistä. Lisäksi on laskettu erot kg-ekv. ja % v:n 1934 arvoista. Lopuksi on taulukkoon 13 merkitty kaikkien emästen yhteenlasketut määrät.

Voidaan panna merkille, että v:n 1950 näytteissä on kauttaaltaan ja kaikkia kationeja vähemmän kuin v:n 1934 näytteissä. Kaikkialla on siis tapahtunut maan köyhtymistä kationien suhteen, kuten esim. pH-lukujen mukaankin on odotettavissa. Ekvivalenteissa on vähennys suurin kalsiumin kohdalla, sillä se edustaa n. 70 % kaikista kationeista. Natriumin kohdalla on vähennys lähinnä suurin, sitten tulee kalium, ja pienintä on vähentyminen ollut magnesiumin kohdalla. Jos vähentymisiä tarkastellaan %:eina v:n 1934 arvoista on järjestys: natrium, kalium, kalsium ja magnesium. Erityisesti kiinnittää huomiota magnesiumin vähenemisen pienuus.

Kalsiumin väheneminen on hyvin samanlaista eri koejäsenillä lukuunottamatta ammoniumsulfaattia saanutta d-koejäsentä, jolla väheneminen on lähes kaksinkertainen, ja tomasfosfaattia saanutta f-koejäsentä, jolla

väheneminen on vain puolet vähennyksestä muualla. Muutokset *magnesiumin* määrissä poikkeavat suuresti muista. Suurin on vähentyminen ollut kokonaan lannoittamattomalla a-koejäsenellä ja seuraavaksi tulee tomasfosfaattia saanut f-koejäsen. Ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä ei ole todettu mitään muutosta. *Kaliumin* määriä tarkastellaan lähemmin myöhemmässä yhteydessä. Tässä voidaan panna merkille, että lantaa saaneessa b-koejäsenessä on kalin vähennys suurin ja ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä pienin. *Natriumin* määrissä on vaikea todeta muuta johdonmukaisuutta kuin että chilensalpietaria saaneessa e-koejäsenessä määrät ovat selvästi suuremmat kuin muissa. Selittämätön on c-koejäsenessä ilmenevä, muita tuntuvasti pienempi määrän väheneminen. — Kun vanhimmat maanäytteet ovat vasta vuodelta 1934, jolloin koelannoitukset on jo annettu neljänä vuotena, alkavat eri käsittelyjen vaikutukset jo ilmetä niissä, mutta erot eivät vielä saavuta merkitsevyyttä, mikä 1950:n luvuissa on jo korkea.

Selvimpinä tulevat maan emästilassa tapahtuneet muutokset näkyviin *kaikkien emästen summissa*. Keskimäärin on niiden mukaan koemaassa 16 vuoden aikana emästen vähennys ollut 34 kg-ekv. eli 15.5 % v:n 1934 arvoista. Yksityisistä koejäsenistä on väheneminen ollut suurinta, kuten luonnollista onkin, kokonaan lannoittamattomassa a-koejäsenessä, mutta lähes sama se on ollut ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä. Huomattava väheneminen on ollut myös karjanlantaa saaneessa b-jäsenessä ja koejäsenessä e, jossa typpi on annettu chilensalpietarina. Pienin väheneminen on ollut, hieman yllättäen, koejäsenessä c, missä typpi on annettu kalkkisalpietarina. Lähellä sitä on koejäsen f, missä on käytetty kalkkia maahan tuovaa tomasfosfaattia.

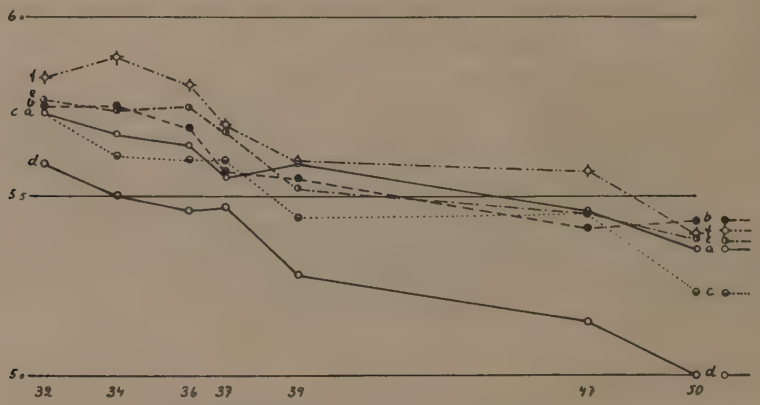
Taulukko 12. pH eri aikoina

Table 12. pH of soil in different years

Koejäsen *Treatment*	1932	1934	1936	1937	1939	1947	1950
a	5.73	5.67	5.64	5.55	5.59	5.46	5.35
b	5.75	5.75	5.69	5.57	5.55	5.41	5.43
c	5.73	5.61	5.60	5.60	5.44	5.45	5.23
d	5.59	5.50	5.46	5.47	5.28	5.15	5.00
e	5.77	5.74	5.75	5.68	5.52	5.46	5.38
f	5.83	5.89	5.81	5.70	5.60	5.57	5.39
Ka — *Aver.* ...	5.73	5.69	5.66	5.59	5.50	5.42	5.29
pme							
L.S. D. *	0.08	0.11	0.09	0.09		0.20	0.20
**	0.11	0.15	0.13	0.13		0.27	0.27
***	0.15	0.21	0.18	0.18			

Taulukko 13. Emäskationien määrät kg-ekv./ha —

Koejäsen *Treatment*	Kalsium *Calcium*				Magnesium *Magnesium*			
	1934	1950	erotus — *difference*		1934	1950	erotus — *difference*	
			kg-ekv.	%			kg-ekv.	%
a	137	122	— 15	11.0	61	46	— 15	24.6
b	143	128	— 15	10.5	53	49	— 4	7.5
c	150	131	— 19	12.6	40	43	+ 3	7.5
d	143	114	— 29	20.3	36	36	± 0	0.0
e	147	128	— 19	12.9	42	38	— 4	9.5
f	160	151	— 9	5.6	46	39	— 7	15.2
Ka — *Aver.*	147	129	— 18	12.2	46	42	— 4	8.7
pme								
L. S. D. *	11.4	7.4			7.4	8.0		
**		10.8			10.8			
***		14.8			14.8			



Piirros 1. Maan pH eri aikoina — *Fig. 1. pH of soil in different years*

Maan emästilasta voidaan saada tietoja myös siten, että selvitetään sopivasta uutteesta titraamalla, paljonko maa neutraloi happoa. Näin saatu määrä ilmaistaan sopivimmin ekvivalentteina. Taulukossa 14 nähdään muutamilla tämäntapaisilla menetelmillä saatuja lukuja. Siinä on ensiksikin 0.01-n. typpihappouutteen titrauksesta saadut luvut vuosien 1934 ja 1950 maanäytteistä. Jos tuloksia verrataan eri kationien määrityksellä saatuihin emästen summiin, voidaan panna merkille, että titrauksella on saatu 15—20 % pienempiä arvoja kuin emästen summa. Erotus johtuu ainakin osaksi siitä, että eri kationien määrityksissä tulevat mukaan pidättyneiden lisäksi maanesteessä olevat aineet, jotka eivät vaikuta titraukseen. V:n 1950 näytteistä on tehty vastaavanlainen titraus myös

Table 13. Exchangeable bases of soil kg.-equiv./ha.

Kalium *Potassium*				Natrium *Sodium*				Emästen summa *Sum of bases*			
1934	1950	erotus — *difference*		1934	1950	erotus — *difference*		1934	1950	erotus — *difference*	
		kg-ekv.	%			kg-ekv.	%			kg-ekv.	%
10	4	— 6	60.0	14	5	— 9	64.3	222	177	— 45	20.2
15	7	— 8	53.3	12	5	— 7	58.3	223	189	— 34	15.2
12	8	— 4	33.3	10	8	— 2	20.0	212	190	— 22	10.4
11	9	— 2	18.2	15	7	— 8	53.3	205	166	— 39	19.0
12	7	— 5	41.7	20	13	— 7	35.0	221	186	— 35	15.8
12	7	— 5	41.7	14	8	— 6	42.8	232	205	— 27	11.6
12	7	— 5	41.7	14	7	— 7	50.0	219	185	— 34	15.5
(4.5)	1.4			(6.3)	0.9			(16.5)	11.4		
	1.9				1.3				16.0		
	2.7				1.8				22.2		

Taulukko 14. Maan neutraloivan vaikutuksen mukaan laskettuja emäsmääriä

Table 14. Amounts of exchangeable bases calculated from the neutralizing effect of the soil

Koejäsen *Treatment*	0.01-n. typpih., kg-ekv./ha *0.01 N nitric acid, kg. equiv./ha*				Monokloorietikkahappo kg-ekv./ha *Monochloracetic acid kg equiv./ha.*	Bastal *According to Egnér*
	1934	1950	erotus — *difference*			
			kg-ekv.	%		
a	198	149	— 49	24.7	144	0.2
b	189	158	— 31	16.4	153	0.3
c	185	158	— 27	14.6	148	0.2
d	180	127	— 53	29.4	123	0.1
e	186	150	— 36	19.4	139	0.15
f	192	172	— 20	10.4	155	0.3
Ka — *Aver.*	188	152	— 36	19.1	144	0.2
pme L.S. D. *	(29.1)	(28.5)			18	0.16

kalimääritystä varten valmistetusta monokloorietikkahappouutteesta (Egnér 1940), josta on saatu hieman alempia arvoja kuin typpihappouutteesta, mutta vaihtelut koejäsenten kesken ovat samantapaiset molemmissa. Laktaattiuutteesta on tehty ns. bastal (Egnér 1947, s. 770). Siinäkin tulee esille samantapaiset erot koejäsenten kesken kuin emästen kokonaismäärissä ja titrauksissa muilla menettelytavoilla, mutta lukujen pienuudesta johtuen bastal-asteikko muodostuu kovin harvaksi. Kuten

voidaan todeta, on tämäntapaisilla yksinkertaisilla titrauksilla mahdollista saada maan emästilasta paljon tietoja, jotka tyydyttävästi käyvät yksiin emästen kokonaismäärien kanssa.

Kaikki selvitykset osoittavat, että maassa yleensä on tapahtunut emästen määrien vähenemistä, joka on suurin lannoittamattomassa a- ja ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä. Tämä emästen väheneminen kuvastuu myös maan pH-arvoissa.

Maan kalkkipitoisuus

on meillä tapana ilmaista vaihtuvan kalkin määränä laskettuna kalsiumkarbonaatiksi tn/ha 20 cm kerrosta kohti (Tuorila, Tainio ja Teräsvuori 1939). Jos edellä mainitut ekvivalenttiluvut lasketaan vastaaviksi määriksi kalsiumkarbonaattia, saadaan taulukossa 15 esitetyt luvut. Samaan taulukkoon on merkitty myös ammoniumasetaattimenetelmällä (Vuorinen 1953) maatutkimusosastolla v:n 1950 näytteistä saadut luvut.

Taulukko 15. Koekentän kalkkisuhteet tn/ha $CaCO_3$

Table 15. Amounts of exchangeable calcium as $CaCO_3$ tons/ha.

Koejäsen *Treatment*	Käsittely	0.01-n. typpihapolla *0.01 N nitric acid*		amm. aset. 1950 *Amm. acet.*
		v. 1934	v. 1950	
a	0	6.9	6.1	5.2
b	Karjanlanta	7.2	6.4	5.3
c	Kalkkisalp., superfosf., kalisuola	7.5	6.6	5.4
d	Ammon. sulf., » »	7.1	5.7	4.4
e	Chilensalp., » »	7.4	6.4	5.3
f	Kalkkisalp., tomasf., »	8.0	7.5	6.7
Ka — *Aver.*		7.3	6.5	5.4
pme L.S. D.	*	0.6	0.4	0.5
	**		0.5	0.7
	***		0.7	0.9

Jos katsotaan, että maassa pitäisi olla vähintään 12 tn/ha vaihtuvaa kalkkia (Tuorila, Tainio ja Teräsvuori 1939), on todettava, että maassa on jo kokeen alkaessa ollut melkoisen suuri kalkin puute, joka on koekauden aikana vielä lisääntynyt. Erityisesti ammoniumsulfaatti on vaikuttanut kalkkia kuluttavasti. Onkin tunnettua, että Pohjanmaalla maat ovat yleisesti vähäkalkkisia, joskin tämä koekenttä on alueen runsaskalkkisimmilla mailla, ns. rintamailla.

Ammoniumasetaattimenetelmällä on saatu kalkkimääriä, jotka ovat 80—85 % typpihappouutteella saaduista. On todettu, että typpihappo tässä käytetyllä menettelytavalla antaa vain n. 5 % pienempiä arvoja kuin saadaan käsiteltäessä maata 1-n. ammoniumkloridilla.

Maan kalipitoisuus

Typpihappouutteesta vuosien 1934 ja 1950 näytteistä saadut kalin määrät ekvivalenteissa on jo esitetty taulukossa 13. Taulukossa 16 ne nähdään laskettuna kg/ha K_2O. Samassa taulukossa nähdään myös muutamilla muilla kalinmääritysmenetelmillä saatuja tuloksia, nimittäin monokloorietikkahappomenetelmällä (Egnér 1940), laktaattimenetelmällä (Riehm 1943) ja ammoniumasetaattimenetelmällä (Vuorinen 1953) saadut.

Taulukko 16. Eri menetelmillä liukeneva kali kg/ha K_2O

Table 16. Potassium determined by different methods kg./ha. K_2O

Koejäsen *Treatment*	0.01-n. typpih. 1 : 25 *0.01 N nitric acid*				Monokloorietikkahappo *Monochloracetic acid 1950*	Laktaatti *Lactate 1950*	Ammon. asetaatti *Amm. acet. 1950*	Taseet K_2O kg/ha *Balances as K_2O kg./ha.*			
	1934	1950	erotus - *difference*					1931—34	1935—50	1931—50	1931—52
			K_2O	%							
a	466	203	— 263	56	262	89	185	— 413	—1 384	—1 797	—1 903
b	730	334	— 396	54	364	142	285	+ 221	— 885	— 663	— 805
c	556	353	— 203	37	396	145	318	— 32	— 782	— 814	— 813
d	532	429	— 103	19	460	177	392	— 31	— 582	— 613	— 572
e	575	334	— 241	42	392	139	312	— 43	— 803	— 847	— 857
f	542	311	— 231	43	363	131	300	— 45	— 923	— 968	— 999
Ka—*Aver.*	565	325			393	137	298				
pme L.S.D. *	207	66			68	30	65				
**	273	89			93	41	90				
***	372	127			129	57	124				

Kun maan kalimäärä riippuu, paitsi siinä itsessään olevasta ja lannoituksessa annetusta kalista, myös satojen ottamista määristä, on taulukkoon 16 merkitty myös ns. kalitaseet eli lannoituksessa annettujen ja satojen sisältämien määrien erotukset eri kausilta laskettuna. Koesatojen kasvinravinnepitoisuuksia ei ole analysoitu, vaan on käytetty yleisiä eri satotuotteiden ravinnepitoisuuksia. Siten taseetkaan eivät voi olla täysin täsmällisiä, mutta voitaneen kuitenkin päätellä, että näinkin lasketut taseet saattavat osoittaa, onko maata rikastettu vai köyhdytetty jonkin aineen suhteen ja kuinka paljon suunnilleen.

Kautena 1931—34, kokeen alkamisen ja aikaisempien näytteiden ottamisen väliaikana, runsaan lannoituksen vuoksi (taul. 1) kalitase muodostuu lantaa saaneessa b-koejäsenessä runsaasti positiiviseksi ja väkilannoite-

tuissa koejäsenissä vain lievästi negatiiviseksi. Ainoastaan kokonaan lannoittamattomassa koejäsenessä tulee jo tänä aikana tuntuva vähennys. Seuraavan, tässä maaopillisesti tarkasteltavana olevan jakson 1935—50 aikana muodostuvat vähennetyn lannoituksen vuoksi taseet kaikkialla vahvasti negatiivisiksi, eniten tietenkin lannoittamattomassa ja vähiten ammoniumsulfaattia saaneessa d-koejäsenessä, jossa sadot ovat olleet pienimmät. Vuoden 1950 näytteistä saatujen arvojen vertailussa on asianmukaisinta käyttää ajalle 1931—50 laskettuja taseita.

Jos verrataan eri kalinmääritysmenetelmillä saatuja lukuja vuosien 1931—50 kalitaseisiin, huomataan, että maassa eri koejäsenillä todetut kalimäärät ja lasketut taseet ovat melkoisessa määrässä samansuuntaiset, ja lisäksi näyttää eri menetelmillä saatavan tässä suhteessa jokseenkin toisiaan vastaavia eroja eri koejäsenten kesken. Aineiston perusteella täytyy kaikkia käytettyjä menetelmiä tässä suhteessa pitää samanarvoisina. Suurimmat ovat monokloorietikkahappomenetelmällä saadut luvut; 0.01-n. typpihapolla on saatu n. 20 % pienempiä lukuja; ammoniumasetaattimenetelmällä n. 10 % pienempiä kuin typpihapolla ja laktaattiuutteesta on saatu vain n. 40 % typpihappomenetelmän luvuista.

Tarkasteltavana olevan 20 vuoden jakson aikana väkilannoitteilla lannoitetut koejäsenet ovat saaneet kaikkiaan 1 320 kg/ha K_2O, eli 66 kg/ha vuotta kohti. Määrä on suurempi kuin meillä yleensä tavallisessa viljelyksessä käytetään, mutta kuten taselaskelmat osoittavat, ei se ole riittänyt korvaamaan satojen ottamia määriä. Kalimäärien selvittäminen maasta on samaten osoittanut kalin huomattavaa vähenemistä, joka on verraten hyvässä vuorosuhteessa laskettujen kalitaseiden kanssa. — Voidaan todeta, että kemiallinen tutkimus kykenee huomattavassa määrässä ilmaisemaan muutokset, jotka johtuvat satojen ottamista eri suurista kalimääristä.

d. Maan fosforisuhteet

Koekentän maan fosforisuhteita on tutkittu samaan tapaan kuin kalisuhteitakin. Helposti liukenevan fosforin määrät on selvitetty muutamalla nykyisin käytössä olevalla tavalla (0.01-n. typpihappo, Tuorila ja Teräsvuori 1933; laktaattipuskuri, Egnér, Köhler und Nydahl 1938; 0.001-n. rikkihappo, Truog and Dean 1935 ja ammoniumasetaattipuskuri, Vuorinen 1953), taulukko 17, ja niiden rinnalle on pantu fosforitaseet, jotka on laskettu samoin kuin kalitaseet.

Jo maan kalitilan arvioiminen tässä käytetyllä tavalla on monessa suhteessa epävarmaa, mutta fosforitilan selvittäminen on vielä paljon epävarmempaa. Vaikkei fosforin huuhtoutumista tarvitsekaan ottaa lukuun, on sen käyttökelvottomaan muotoon pidättyminen niin suuri ja lopulliselta määrältään niin tuntematon (vrt. esim. Iversen 1943) ja eri olosuhteissa

ilmeisesti niin erilainen, ettei sen arvioimista tässä edes yritetä. Toinen suuri tuntematon tekijä on maan luontaisten fosforivarojen mobilisoituminen. Niinpä taulukossa 17 esitettyjä lukuja onkin tarkasteltava vielä useammin varauksin kuin esim. taul. 16 kalia koskevia lukuja.

Taulukko 17. Eri menetelmillä liukeneva fosfori kg/ha P_2O_5

Table 17. The amounts of phosphorus dissolved by different methods as P_2O_5 kg./ha.

Koejäsen *Treatment*	0.01-n. typpih. 1 : 25 *0.01 N nitric acid*		Laktaatti *Lactate* 1950	0.001-n. rikkih. *According to Truog* 1950	Ammon. asetaatti *Amm.acet.* 1950	Taseet kg/ha P_2O_5 *Balances as P_2O_5 kg./ha.*			
	1934	1950				1931—34	1935—50	1931—50	1931—52
a	188	103	64	150	18	— 88	— 382	— 469	— 504
b	211	114	89	193	24	+ 110	— 181	— 36	— 82
c	211	154	100	220	18	+ 86	— 118	— 32	— 24
d	239	182	107	223	20	+ 85	— 64	+ 22	+ 41
e	239	182	100	220	18	+ 85	— 122	— 37	— 33
f	262	171	105	227	22	+ 104	— 169	— 65	— 61
Ka — *Aver.*	228	154	95	205	20				
pme									
L.S.D. *	(62.7)	51.3	17.1	27.8	(7.6)				
**			23.9	38.3					
***			33.1	52.9					

Fosforitaseitakin on esitetty useita eri jaksoja koskevia, mutta tässä vertailussa jakson 1931—50 luvut ovat parhaiten paikallaan. Lannoittamattomalla muodostuu tietenkin näin laskettu tase vahvasti negatiiviseksi, mutta lannoitetuilla vain lievästi lukuunottamatta ammoniumsulfaattia saanutta d-koejäsentä, jossa pienien satojen vuoksi tase on lievästi positiivinen.

Jos tarkastellaan kemiallisilla määrityksillä saatuja maan helppoliukoisen fosforin määriä osoittavia lukuja, voidaan todeta, että 0-jäsenessä tapahtunut fosforin ryöstö kuvastuu kaikilla käytetyillä menetelmillä saaduissa luvuissa, ja samaten yleensä d-koejäsenessä ilmenevä pieni fosforin määrän lisääntyminen. Ammoniumasetaattimenetelmän mukaan olisi kuitenkin lantaa saaneessa b-koejäsenessä eniten helppoliukoista fosforia ja tomasfosfaattia saaneessa f-koejäsenessäkin enemmän kuin d:ssä. Truogin menetelmän mukaan olisi f-jäsenessä fosforitila paras, joskin sen mukaan erot kaikkien lannoitettujen koejäsenten kesken näyttävät pieniltä.

Fosforimäärityksen suhteen on todettava, että siinä eri menetelmät antavat melkoisesti toisistaan poikkeavan kuvan eri koejäsenten fosforitilasta ja on suuresti epäselvää, mikä arvo lopuksi on annettava näille luvuille (vrt. Teräsvuori 1954).

e. Maan fysikaaliset ominaisuudet

Erilaisilla lannoituksilla, erityisesti karjanlannalla, voi odottaa olevan vaikutusta maan fysikaaliseen tilaan, varsinkin jos ko. käsittelyä on jatkettu kauan. Tässä kokeessa on tutkittu vain vettä kestävien maamurujen määrät eri tapauksissa.

Tutkimusta varten otettiin keväällä 1953 maanäytteet kentältä, jossa silloin oli 2-v. nurmi. Näytteet otettiin 5 cm läpimittaisilla teräslieriöillä 0—15 cm syvyydestä ja kultakin ruudulta 3 pistoa. Näytteiden kuivuttua maa murrettiin käsin varovasti pienempiin osiin, jotka sekoitettiin, jotta niistä voitiin ottaa 50 g erät murujen huuhtomista varten. Määritykset tehtiin kahtena kerrannaisena. Murujen huuhtominen tehtiin tavanmukaisella menettelytavalla (Russell 1949, s. 29). Tunnin liotuksen jälkeen huuhdottiin maaerää puoli tuntia veden alla nousevassa ja laskevassa seulalaitteessa, minkä jälkeen seuloille jääneet murut kuivatettiin ja punnittiin. Sen jälkeen murut hierottiin märkinä kumihiertimellä ja pantiin ao. seulan läpi, jolloin kivet ja hiekkarakeet jäivät seulalle. Hiekkarakeiden määrä vähennettiin aina ao. murufraktiosta. Murujen määrät %:eissa nähdään taulukossa 18.

Taulukko 18. Vettä kestävien murujen määrät %

Table 18. The percentages of water-stable aggregates

Koejäsen *Treatment*	Käsittely	Yli 5 mm >	5—2 mm	2—1 mm	1—0.5 mm	0.5—0.2 mm	Yhteensä *Summ*
a	0	1.6	1.2	1.5	5.9	16.2	26.4
b	Karjanlanta	2.1	2.5	2.3	7.9	17.2	32.0
c	Kalkkisalp., superf., kalis.	3.7	1.6	2.0	5.9	13.1	26.3
d	Ammon. sulf., » »	10.7	1.7	1.7	8.1	13.8	36.0
e	Chilensalp., » »	1.1	1.2	1.6	6.4	19.9	30.2
f	Kalkkisalp., tomasf., »	1.8	1.2	1.5	6.1	16.3	26.9
Ka — *Aver.*		3.5	1.6	1.8	6.7	16.1	29.7
pme							
L.S. D.	*	3.7					(7.9)
»	**	5.2					
»	***	7.1					

Vettä kestävien murujen määrät ovat kauttaaltaan alhaiset. Näyttäisi, että eri koekäsittelyllä on ollut niihin vaikutusta, mutta kun vaihtelut kerrannaisten kesken ovat suuret, jäävät erot ilman merkitsevyyttä lukuunottamatta sitä, että d-koejäsenessä murumäärä on melkoisella tilastollisella varmuudella suurempi kuin a-, c- ja f-koejäsenissä. Koejäsenen d muita suurempi murumäärä johtuu siitä, että kookkaimpia, yli 5 mm, muruja on paljon runsaammin kuin muissa koejäsenissä. Johtuuko se todella koe-

käsittelystä vaiko vain sattumasta, ei voi tämän havainnon perusteella päätellä, vaikka d-koejäsenen erotus muihin verrattuna onkin tilastollisesti merkitsevä. Näyttää siis siltä, että maan happamuuden lisääntyminen lisää varsinkin kookkaiden murujen määrää maassa, ts. aiheuttaa kehityksen, jonka lopputuloksena muodostuu ns. urpamaa.

Yhteenveto ja päätelmät

On vertailtu karjanlannan ja erilaisten väkilannoiteyhdistelmien vaikutusta kasvinviljelyssä ja maan kasvukunnon ylläpitämisessä pitkäaikaisessa kenttäkokeessa laadultaan hyvällä liejupitoisella hiesusavimaalla Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelyskoeasemalla. Koe on pantu käyntiin 1931 ja sitä jatketaan edelleen. Kokeen suunnitelma on:

a. ilman lannoituksia
b. karjanlantaa
c. kalkkisalpietaria, superfosfaattia, kalisuolaa
d. ammoniumsulfaattia, superfosfaattia, kalisuolaa
e. chilensalpietaria, superfosfaattia, kalisuolaa
f. kalkkisalpietaria, tomasfosfaattia, kalisuolaa

Käytetty karjanlanta on analysoitu ja eri väkilannoiteyhdistelmissä on annettu samat määrät fosforihappoa ja kalia, mutta typpeä on väkilannoitteissa annettu vain n. ⅓ karjanlannan sisältämästä koko typestä. Kokeessa on karjanlannan vertailu kolmeen erilaiseen väkilannoiteyhdistelmään, joissa typpilannoite on erilainen, sekä kahteen yhdistelmään, joissa fosforilannoite on erilainen. Koelannoitukset on aluksi annettu vuosittain, mutta myöhemmin harkinnan mukaan. Kasvijärjestys on kokeessa ollut vapaa, ja siinä on tarkasteltavana aikana viljelty useita eri kasveja.

Maan viljavuudesta johtuen on lannoittamattakin saatu verrattain hyviä satoja. Eri lannoitusten antamat sadonlisäykset keskim. ry/ha 22 vuoden ajalta ovat olleet:

	Sadonlisäys ry/ha *f. u./ha.*	sl *rel.*
a. lannoittamaton, keskim. sato 2 793 ry/ha		
b. karjanlanta	878	100
c. kalkkisalp., superf., kalis.	608	69
d. amm. sulf., superf., kalis.	282	32
e. chilensalp., superf., kalis.	679	77
f. kalkkisalp., tomasf., kalis.	864	98

Karjanlanta on siis antanut parhaat sadonlisäykset, mutta väkilannoiteyhdistelmä, johon sisältyy tomasfosfaatti, on sitä hyvin lähellä huolimatta siitä, että typpimäärä on paljon pienempi kuin karjanlannassa. Väkilannoiteyhdistelmät, joissa on ollut chilensalpietari tai kalkkisalpietari, ovat antaneet selvästi huonompia sadonlisäyksiä kuin karjanlanta, ja typen ammoniumsulfaatissa saanut koejäsen vielä paljon huonompia. Kun koemaa on vähäkalkkista, on lannoituksen vaikutus happamuussuhteisiin muodostunut hyvin tärkeäksi.

Erilaiset kokeessa viljellyt kasvit ovat suhtautuneet koelannoituksiin hieman eri tavoin. Varmimmin voidaan siitä saada käsitys sellaisten kasvien kohdalla, joita on viljelty useana vuotena, jolloin sattumanvarainen vuotuisvaihtelu tasoittuu (nurmi, ohra, peruna). Nurmesta on saatu koelannoituksilla pienimmät sadonlisäykset, ja ero toisaalta karjanlannan ja tomasfosfaattiyhdistelmän, toisaalta muiden väkilannoiteyhdistelmien kesken on kaikkein suurin; ammoniumsulfaattiyhdistelmällä on saatu suoranaista sadon vähennystä. Ohrasta on yleensä lannoituksella saatu paljon parempia sadonlisäyksiä, ja eri lannoitusten arvosuhteet poikkeavat nurmesta siten, että väkilannoiteyhdistelmillä, ammoniumsulfaattiyhdistelmää lukuunottamatta, on saatu paremmat sadonlisäykset kuin karjanlannalla. Kaikkein parhaat sadonlisäykset lannoituksella on kuitenkin saatu perunasta. Eri lannoitustapojen arvosuhteet asettuvat perunalla nurmen ja ohran välimaille: sillekin on karjanlanta paras ja tomasfosfaattiyhdistelmä tulee lähelle sitä, mutta muut väkilannoiteyhdistelmät näyttävät olevan parempia kuin nurmelle.

Eri lannoitustavoilla näyttää olevan jossain määrin vaikutusta satojen vuotuisvaihteluun. Karjanlantaa tai tomasfosfaattiväkilannoiteyhdistelmää saaneilla koejäsenillä on vaihtelu vuodesta toiseen vähäisempää kuin muilla koejäsenillä. Suurin vaihtelu on todettu lannoittamattomalla ja ammoniumsulfaattiyhdistelmää saaneilla koejäsenillä. Näyttää siltä, että nurmi on kaikkein herkin tällaisille vaihteluille.

Hyvin kiintoisaa olisi saada selvitystä maan kasvukunnon muutoksiin koekauden aikana eri koejäsenillä, mutta vertailu tulee hyvin epävarmaksi sen vuoksi, että kokeessa on ollut vapaa kasvijärjestys, mistä johtuen ei voida laskea toisiinsa verrattavissa olevia keskiarvoja eri ajoilta. Ainoan mahdollisuuden tähän antaa kahden nurmijakson vertailu. Sen mukaan näyttää lannoittamattomalla ja ammoniumsulfaattiyhdistelmää saaneella koejäsenellä tapahtuneen selvää kasvukunnon alenemista, ja vähemmän selvää karjanlantaa sekä kalkkisalpietari-superfosfaattiyhdistelmää saaneilla koejäsenillä. Mahdolliselta näyttää, että myös chilensalpietari-, jopa tomasfosfaattiyhdistelmääkin saaneilla koejäsenillä olisi tapahtunut jonkin verran laskua satotasossa.

Koekentän maasta on tehty useanlaisia tutkimuksia erilaisten lannoitusten aiheuttamien muutosten toteamiseksi.

Maan *humuspitoisuudessa* todettiin pientä vähenemistä muualla paitsi karjanlantaa saaneessa koejäsenessä, jossa humuspitoisuus oli pysynyt samana. Huomattavasti keskimäärää runsaampi lantamäärä, n. 8 tn/ha vuotta kohti, ei ole lisännyt maan humusta, vaan ainoastaan pitänyt sen ennallaan.

Maan *reaktiosuhteissa* on todettu selvä happamuuden lisääntyminen ammoniumsulfaattiyhdistelmää saaneella koejäsenellä. Muillakin koejäsenillä näyttää happamuus lisääntyneen, vähiten tomasfosfaattiyhdistelmää saaneella.

Maan kaikkia tärkeitä *kationeja* (kalsium, magnesium, kalium, natrium) koskevissa määrityksissä on todettu kationien kokonaismäärien vähenneen. Suurin on vähentyminen ollut lannoittamattomassa ja ammoniumsulfaattia saaneessa koejäsenessä.

Vaihtuvan *kalkin* määrän todettiin koekentän maassa olleen alun perin riittämätön. Ammoniumsulfaatin käyttö on sen määrää selvästi vähentänyt ja tomasfosfaatin käyttö ylläpitänyt.

Vaihtuvassa muodossa olevan *kalin* todettiin suuresti vähentyneen, eniten lannoittamattomalla, mutta selvästi myös lannoitetuilla koejäsenillä. Muutokset maan kalimäärissä ovat samansuuntaiset kuin satojen ottamien ja lannoituksessa annettujen määrien erotukset. Maata on siis lannoitetuillakin koejäsenillä köyhdytetty kalin suhteen. Erilaiset maan kalin määritysmenetelmät antoivat keskenään samansuuntaisia tuloksia.

Maan helposti liukenevan *fosforin* määriä on tutkittu useilla nykyisin käytännössä olevilla menetelmillä. Niillä saadut tulokset kävivät huonommin yhteen kuin eri kalin määritysmenetelmillä saadut tulokset. Heikolta vaikuttaa myös niiden yhteenkäyminen satojen ottamien ja lannoituksessa annettujen fosforimäärien erotusten kanssa. Fosforimääritykset-kin viittaavat kuitenkin siihen, että ainakin lannoittamattomassa on tapahtunut helppoliukoisen fosforin vähenemistä, ja ehkä myös karjanlantaa saaneessa koejäsenessä.

Maan fysikaalista tilaa koskevia selvityksiä on vain vettä kestävien murujen määritys. Maan happamuutta lisäävä ammoniumsulfaatti näyttää lisäävän vettä kestävien murujen ja niistä erityisesti suurikokoisten määrää maassa.

P ä ä t e l m i n ä voidaan kokeen perusteella lyhyesti sanoa:

Kokeessa on karjanlanta antanut parhaat sadonlisäykset, mutta emäksisesti vaikuttava väkilannoitelannoitus on tullut sitä hyvin lähelle siitä huolimatta, että siinä on annettu paljon vähemmän typpeä kuin karjanlannassa on tullut. Siten näyttää olevan mahdollista ylläpitää maan kasvukuntoa pelkästään väkilannoitteilla, jos niitä käytetään sopivasti. Happamasti vaikuttavat väkilannoitteet ovat hyvin epäedullisia sellaisella happamalla maalla kuin koemaa on.

Kirjallisuusluettelo — Literature

Bonnier, G. och Tedin, O. 1940 — Biologisk variationsanalys. Stockholm.

Cheng, K. L. and Bray, R. H. 1951 — Determination of calcium and magnesium in soil and plant material. *Soil Sci.* **72**, s. 449—458.

Egnér, H., Köhler, G. und Nydahl, F. 1938 — Die Laktatmethode zur Bestimmung leichtlöslicher Phosphorsäure in Ackerböden. *Lantbrukshögskolans Annaler* **6**, s. 253—298.

—»— 1940 — Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens auf chemischem Wege. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* **21/22**, s. 270—277.

—»— 1947 — Jordanalyser och fältförsök. *Beretning om N. J. F:s Syvende Kongres.* Oslo 1947, s. 765—771.

Honkavaara, T. 1936 — Tuloksia viljelyskasvien laatukokeista Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelyskoeasemalla vv. 1927—35. *Valtion maatalouskoetoiminnan tiedonantoja N:o* **116**.

Iversen, K. 1943 — Staldgødningens og Kunstgødningens Kvælstof-, Fosforsyre- og Kalivirkning. *Tidskrift for Planteavl* **47**, s. 1—93.

—»— og Dorph-Petersen, K. 1951 — Forsøg med staldgødning og kunstgødning ved Askov 1894—1948. *Tidskrift for Planteavl* **54**, s. 369—538.

Riehm, H. 1943 — Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens aus dem Kaligehalt des Laktatextraktes. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* **31**, s. 346—356.

Russell, M. B. 1949 — Methods of measuring soil structure and aeration. *Soil Sci.* **68**, s. 25—35.

Teräsvuori, A. 1954 — Über die Anwendung saurer Extraktionslösungen zur Bestimmung des Phosphordüngerbedarfs des Bodens, nebst theoretischen Erörterungen über den Phosphorzustand des Bodens. *Publikationen des staatlichen landwirtschaftlichen Versuchswesens in Finnland, N:r* **141**.

Truog, E. and Dean, L. A. 1935 — Determination of the phosphate and potash needs of soils by chemical analysis. *Transact. of the third Int. Congr. of Soil Sci., Vol.* **1**, s. 106—108.

Tuorila, P. und Teräsvuori, A. 1933 — Untersuchungen über die Anwendbarkeit der bodenanalytischen Methoden für die Bestimmung des Düngebedürfnisses. *Veröffentlichungen der staatlichen landwirtschaftlichen Versuchstätigkeit N:o* **56**.

—»— Tainio, A. ja Teräsvuori, A. 1939 — Suomen viljelysmaiden kalkitustarpeesta. *Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja N:o* **104**.

—»— 1945 — Några problem rörande kalkningsfrågan. *Svenska vall- och mosskulturföreningens kvartalskrift* **7**, s. 83—101.

Walkley, A. — 1947 — A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. *Soil Sci.* **63**, s. 251—264.

Virri, T. J. 1953 — Satakunnan kasvinviljelyskoeaseman koetuloksia v. 1945—52. *Valtion maatalouskoetoiminnan tiedonantoja* **231**.

Vuorinen, J. 1953 — Koulutilojen peltojen viljavuudesta. *Agrogeologisia julkaisuja N:o* **60**.

Handledning i försöksteknik. *Lantbrukshögskolan, Jordbruksförsöksanstalten, Medd. nr* **1**. Norrtälje 1939.

Summary:

Results of a long term field experiment for the comparison of farmyard manure and different fertilizer combinations

Martti Salonen

Agricultural Research Centre, Department of agricultural Chemistry and Physics, Tikkurila, Finland

T. Honkavaara

South Pohjanmaa Experimental Station, Ylistaro, Finland

Design of the field experiment and its execution

The present paper reports the results of a field experiment started in 1931 and still in progress, the aim of which is to elucidate the importance of farmyard manure and different fertilizer combinations in cropping and in the maintenance of soil productivity. The experiment is located at the Experiment Station of South Pohjanmaa, on one of the best soils in this region. The soil is muddy clay loam, relatively poor in calcium and fairly acid, but it has proved suitable for many crops whose cultivation, from the point of view of climate, is possible in this region, even for crops as sensitive to soil acidity as barley and clover.

The design of the experiment is:

a control (without manure and fertilizers)
b farmyard manure
c nitrate of lime, superphosphate, muriate of potash
d ammonium sulphate » » » »
e Chilean nitrate » » » »
f nitrate of lime, basic slag » » »

The experiment field is arranged on a block system, the number of replications being 4.

As the design indicates, the aim of the experiment is to compare farmyard manure with the different fertilizer combinations, there being three different nitrogenous fertilizers, viz. nitrate of lime, ammonium sulphate, and Chilean nitrate, and two different phosphate fertilizers, superphosphate and basic slag.

With the exception of phosphorus and potash, the fertilizers used in the experiment did not, and were not meant to, contain the same amounts of nutrients as farmyard manure. Sufficient amounts of nitrogenous fertilizers were applied to meet the requirements of the crops. The dates of application and the amounts of manure

and fertilizers depended on the requirements of each crop. They are given in Table 1, which also gives the total amounts of nutrients for each treatment during the whole observation period. It is seen that farmyard manure contained about 3 times as much nitrogen as the fertilizers. According to IVERSEN (1943) and IVERSEN and DORPH-PETERSEN (1951) the effect of the nitrogen in farmyard manure is about 40 % of that of nitrogenous fertilizers. Even according to this estimation the amount of nitrogen in the farmyard manure was a little too high in this experiment.

Weather conditions during the experimental period

Data relating to the weather conditions on the experiment farm are presented in Table 2, which gives the mean temperatures and precipitations for the whole growing season and for the first half of it. It may be seen that precipitation conditions were a little more favourable during the first part of the experimental period than during the middle and latter part.

The results of the experiment

The yields of the different treatments are given *as kg. per ha.* with the standard deviation of the mean in Table 3. In order to make comparisons easier, the relative yields are given in Table 4, the yield of the control being taken as 100. At the foot of Table 4 are given the averages of the relative figures for crops grown in more than one year.

To calculate the average yields of the different treatments for the whole experimental period, it was necessary to convert the yields into fodder units, since many different crops were grown in the experiment. This was done by means of the usual conversion factors. Yields of straw and sugar beet leaves were included. *The average yields of the different treatments* (fodder units per hectare) are given in Table 5.

The level of the yields was satisfactory, even for the control without any fertilizers, which proves the fertility of the soil. The increase in yield caused by farmyard manure was very good, 85.8 f. u. per ton. All the different fertilizer combinations resulted in smaller increases in yield than farmyard manure, which is not surprising, since the manure contained the same amounts of phosphorus and potassium, but 3 times as much nitrogen as the fertilizer combinations.

The best fertilizer combination was combination f, with basic slag. The increase in yield brought about by it was almost equal to that caused by farmyard manure. Chilean nitrate proved a little better than nitrate of lime. The combination with ammonium sulphate proved inferior to all the others. As the soil is rather poor in calcium, the effect of the fertilizers on the reaction of the soil is of great importance.

There is considerable variation in the reaction of different crops to different fertilizers. In this experiment it was possible to examine the matter with regard to those plants that were grown in several different years, when the influence of annual variation was diminished. Table 6 gives the reaction of ley, barley and potato to different fertilizers.

L e y. All the fertilizers resulted in fairly moderate increases in yield, which was at least in part due to the fact that fertilizers were given to the nurse crop or to the crop preceding the nurse crop (1943). Farmyard manure proved the best, but the fertilizer combination with basic slag was nearly equal to it. The other fertilizer combinations were much inferior, and ammonium sulphate caused a decrease in the

yield. Ammonium sulphate proved particularly detrimental to clover, as the results of botanical analyses (Table 7) show, but it seems that on this soil ammonium sulphate was injurious to timothy grass, too.

Barley responded to fertilization with higher increases in yield than ley. A suitable artificial fertilizer combination was a little more favourable for it than farmyard manure, but it reacted to different fertilizers in much the same way, with the exception of the ammonium sulphate combination, which proved inferior to the others.

Potato responded to fertilization with the highest increases in yield. Its reaction to the different fertilizers was somewhere between the reactions of ley and of barley. Manure proved to be the most favourable, but the difference, if compared with the fertilizers, was not so marked as with ley. Even for potato, ammonium sulphate proved inferior to other nitrogenous fertilizers. Table 8 gives some figures indicating the effect of different fertilizers on the starch content and the yield of starch of potato. It may be seen that all fertilization decreases the starch percentage of the potato, manure causing the smallest decrease. When, however, the soil requires fertilization, as in the year 1950, this measure increases the yield so much that in spite of a lower percentage of starch the yield of starch may increase considerably.

One year, 1943, sugar beet was grown in the experiment. As it requires better conditions it did not thrive well, Table 3. Calculated in percentage, the effect of fertilization was high. The sugar content and yields of sugar are given in Table 9.

There is annual variation in the yields, even if converted into fodder units. This can be attributed partly to the naturally higher yield of fodder units of certain crops, but it is increased by annual variation, which means that, depending on weather conditions, the same crop, in the same soil and with the same fertilization, may produce different yields in different years. Such variation is always harmful, and it should be reduced to minimum. In this experiment the *annual variation* was examined regarding the crops grown in several different years. The standard deviation is used as the measure of variation. Table 10 shows that, calculated as percentages, the standard deviation was much greater for ley than for barley and potato. For treatments with manure and the basic slag combination, the standard deviations were minimal, and they were maximal for the control and the treatment with ammonium sulphate.

In this experiment it would be of the greatest interest to discover whether there were any *changes*, and if so of what nature, *in the productivity of the soil* during the experimental period. In this comparison the variation caused by different crops and the annual variation of each crop should be eliminated. This is impossible in the present experiment because regular rotation was not followed. The ley periods 1935—37 and 1945—47 offer the only possibility for a valid comparison. If the yields of the ley period 1945—47 are calculated as percentages of the corresponding yields of 1935—37, the figures on page 21 are obtained. According to these there is a distinct decrease in the level of yield of the control, and it is even more clearly noticeable in the treatment with ammonium sulphate. The figures indicate a slight decrease even for other treatments, least for the treatments with basic slag and Chilean nitrate. Changes in the standard of yields can also be compared on the basis of Tables 3 and 4. According to these, there is no decrease in the yield of barley, except for the control. Potato shows a considerable decrease for the control and the treatment with ammonium sulphate, and a slight decrease for other treatments, the decrease being slightest for manure. Unfortunately it is not possible to discover any significant changes in the standard of yields, but there are many indications of a lowering in the produc-

tivity of the soil during the experimental period, not only in the case of the control, which is obvious, but also in the other treatments, the lowering being slightest for the treatments with manure and with the basic slag combination.

Chemical investigations of the experimental soil

Soil samples were taken from the experimental fields for each plot in 1934 and 1950. Various determinations were made on them in order to investigate the changes caused in the soil by fertilization.

The *humus* and *nitrogen contents* of the soil are given in Table 11 (nitrogen only for the year 1950). The humus content of the soil shows a slight reduction, with the exception of the treatment with farmyard manure, where it remained unchanged.

The *reaction* of the soil (soil: water 1 : 4) was determined at some years' intervals, Table 12 and figure 1. The application of ammonium sulphate distinctly increased the acidity of the soil, whereas basic slag seems to have reduced it. According to pH determinations the acidity of the soil seems to have increased continuously but one must allow for the inconstancy of pH determinations (Tuorila 1945).

The amounts of *exchangeable cations* in the soil were determined by extraction with 0.01 N. nitric acid in the ratio 1 : 25 (Tuorila and Teräsvuori 1933). The results of the determinations are given in Table 13, where they are expressed as kg. equiv. per ha. The amounts of exchangeable cations diminished throughout, most in the control and in the treatment with ammonium sulphate.

Table 14 gives the amounts of exchangeable cations calculated from titration of the acid extract. The figures obtained in this way are always slightly lower than those obtained by determining the different cations. This is at least partly due to the fact the determination of the cations includes those already present in the soil solution, which have no effect on the titre. These simple titrations, however, give a similar idea of the amounts of cations in the different treatments as the determinations of different cations.

Table 15 gives the *amounts of exchangeable calcium* as tons of calcium carbonate per hectare. The amounts of exchangeable calcium in the soil were originally very low, for according to Tuorila et al. (1939) the amount of exchangeable calcium required in the soil is 12 tons per ha. A further decrease occurred in these amounts during the experimental period, especially in the treatment with ammonium sulphate. On the other hand, basic slag seems to have maintained the calcium content of the soil.

The *amounts of exchangeable potassium* in the soil were determined by the method of extracting with 0.01 N. nitric acid as well as by some other modern methods. The results are given in Table 16, in kg. of K_2O per ha. The potash supply of the soil is dependent not only on the natural properties of the soil but also on the difference between the amounts of potash given at fertilization and those taken up by the crops. These were estimated by calculating the amounts of potash in the yields in different periods of the experiment and by substracting from them the amounts given at fertilization. The »balances» obtained in this way are given in Table 16, on the right. The balances for the years 1931—1950 are the most suitable for comparison. The results of the determinations seem to be in fair correlation with these balances in the different treatments. There seem to be no differences in the relative values for the amounts of potash, determined by different methods, though the different methods resulted in absolute values differing greatly from each other. It can be stated that all the methods employed to determine the amount of potash reveal changes in the soil potash caused by the different fertilizing treatments, at least to some extent.

The samples of 1934 and 1950 indicate a considerable decrease in the amounts of exchangeable potassium in the soil. Similar results were obtained by balance calculations. This proves that even for fertilized treatments the potash fertilization, though abundant if compared to the common practice in Finland, was inadequate. This may be one of the reasons for the decrease in yields observed during the experimental period.

The phosphorus status of the soil was similarly investigated. Readily soluble phosphorus was determined by some modern methods. The results are given in Table 17, which also gives the phosphorus balances analogous to those given for potash in Table 16. With regard to phosphorus the balances, with the exception of the control treatment, do not indicate any such deficiency as is found with regard to potash. It must be born in mind, however, that the figures refer to total amounts; the available phosphorus may not be the same. The phosphorus values obtained by different methods are mutually less correlative than the potash values, and their correlation with the balances is also poorer than of the potash figures. It seems that the modern methods of chemical investigation give less reliable results with regard to phosphorus than with regard to potash.

The investigation of the *physical properties of the soil* was restricted to the determination of the amounts of *water-stable aggregates* on samples specially taken for this purpose in 1953. The amounts of water-stable aggregates in the soil were fairly low, though the soil was physically satisfactory. As to the effect of the different treatments only ammonium sulphate had an effect different from that of other fertilizers. Its continued use seems to increase the amount of water-stable aggregates, especially of large ones of more than 5 mm. diameter, Table 18.

The following *conclusions* can be drawn from the results obtained:

Although the experimental soil is naturally fertile, producing satisfactory yields, fertilizing has a good effect on it. In the experiment reported here the largest increases in the yield were caused by farmyard manure, but basic fertilizers were nearly equal to it, in spite of there being much less nitrogen in the fertilizers than in farmyard manure. Thus it seems that it is possible to maintain the productivity of the soil by proper application of fertilizers. Acid fertilizers are very unfavourable for a soil deficient in calcium, such as predominates in Finland.

This Publication is to be had abroad from the Library of the Agricultural Research Centre, Tikkurila, Finland.